

TNO-rapport / TNO report

FEL-02-C053

Veiligheidsafstanden Radars Defensie



Nederlandse Organisatie
voor toegepast-
natuurwetenschappelijk
onderzoek / Netherlands
Organisation for Applied
Scientific Research

ONGERUBRICEERD



TNO-rapport

FEL-02-C053

Veiligheidsafstanden Radars Defensie

Oude Waalsdorperweg 63
Postbus 96864
2509 JG Den Haag

www.tno.nl

T 070 374 00 00
F 070 328 09 61
info@fel.tno.nl

Datum	februari 2002
Auteur(s)	[REDACTED]
Rubricering	
Toezichhouder	-
Vastgesteld door	[REDACTED] Arts/ [REDACTED]
Vastgesteld d.d.	-
Titel	Ongerubriceerd
Managementuitreksel	Ongerubriceerd
Samenvatting	Ongerubriceerd
Rapporttekst	[REDACTED]
Bijlagen	[REDACTED]
Contractnr.	A99D818
Contactpersoon	[REDACTED] Arts/ [REDACTED]
Opdrachtgever	Ministerie van Defensie
Projectnaam	-
Projectnummer	015.28880
Exemplaarnummer	71
Oplage	112
Aantal pagina's	230 (incl. bijlage; excl. distributielijst)
Aantal bijlagen	96

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht van het ministerie van Defensie werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van de opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de 'Modelvoorwaarden voor Onderzoeks- en Ontwikkelingsopdrachten' (MVDOT 1997) tussen de minister van Defensie en TNO indien deze op de opdracht van toepassing zijn verklaard dan wel de betreffende terzake tussen partijen gesloten overeenkomst.

© 2002 TNO

Nederlandse Organisatie voor toegepast
natuurwetenschappelijk onderzoek

TNO Fysisch en Elektronisch
Laboratorium is onderdeel van TNO
Defensieonderzoek waartoe verder
behoort:

TNO Prins Maurits Laboratorium
TNO Technische Menskunde

ONGERUBRICEERD

Veiligheidsafstanden Radars Defensie

Probleemstelling

Naar aanleiding van berichtgeving over vermeende schadelijke effecten ten gevolge van het werken met de radars van het HAWK-systeem van de Koninklijke Luchtmacht is bij Defensie de behoefte ontstaan aan het in kaart brengen van de elektromagnetische vermogensdichtheid opgewekt door de radarsystemen die bij Defensie in gebruik zijn. De resultaten van dit onderzoek stelt Defensie in staat veiligheidsafstanden te bepalen dan wel te verifiëren.

In opdracht van het Militair Geneeskundig Facilitair Bedrijf van het Ministerie van Defensie zijn in het kader van het project 'Veiligheidsafstanden radarsystemen' door TNO-FEL metingen en modelberekeningen uitgevoerd ter bepaling van deze vermogensdichtheden opgewekt door radarsystemen. Deze informatie is gebruikt voor:

- I. Het voor een beperkt aantal radars, uitgaande van de resultaten uit metingen en modelberekeningen, bepalen van operationele veiligheidsafstanden (op basis van de STANAG 2345 [a]) limieten voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam).
- II. Het voor alle door Defensie aangegeven radars, uitgaande van de resultaten uit modelberekeningen, bepalen van de referentie-veiligheidsafstanden. Dit zijn de theoretische minimale afstanden waarvoor geldt dat de vermogensdichtheid in de hoofdbundel, bij afwezigheid van reflecties, kleiner is dan, of gelijk is aan de STANAG 2345 [a] limieten voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam.

- III. Het vergelijken van de onder punt I en II verkregen afstanden met de momenteel door Defensie gehanteerde veiligheidsafstanden.

De resultaten van de onder punt I genoemde werkzaamheden zijn reeds gepubliceerd in de rapporten [b], [c], [d] en [e].

Dit rapport betreft het vijfde en laatste rapport dat is gepubliceerd in het kader van dit project en geeft een totaaloverzicht van de in dit project uitgevoerde werkzaamheden. Tevens zijn de verzamelde technische gegevens van de radars in gebruik bij Defensie gepresenteerd en zijn de resultaten van de onder punt II en III genoemde werkzaamheden opgenomen.

Resultaten en conclusies

Aan een beperkt aantal, in overleg met Defensie geselecteerde, radarsystemen zijn door TNO-FEL zowel vermogensdichtheidsmetingen als -berekeningen uitgevoerd. Dit zijn radars van het HAWK-, Flycatcher- en PRTL-systeem alsmede de Medium Power Radar van Radar post Noord te Wier. Uitgaande van deze resultaten zijn voor deze radarsystemen voor verschillende operationele situaties veiligheidsafstanden bepaald. Deze zijn vermeld in [b], [c], [d] en [e]. De veiligheidsafstanden zijn afgeleid van de limieten uit [a] voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam. Bij de PRTL van de KL werd een veiligheidsafstand bepaald die kleiner was dan de door de KL gehanteerde veiligheidsafstand. Voor de overige radars was de door Defensie gehanteerde afstand groter dan of gelijk aan de door TNO-FEL bepaalde veiligheidsafstand. Bij de Flycatcher van de KL kon geen vergelijking gemaakt worden omdat geen KL-veiligheidsafstand beschikbaar was.



TNO-rapportnummer

FEL-02-0053

Opdrachtnummer

A990818

Datum

februari 2002

Auteur(s)

Revisieomschrijving

In aanvulling hierop zijn van alle radarsystemen uit de resultaten van modelberekeningen referentie-veiligheidsafstanden bepaald. Dit zijn de theoretische minimale afstanden waarvoor geldt dat de vermogensdichtheid in de hoofdbundel, bij afwezigheid van reflecties, kleiner is dan, of gelijk is aan de STANAG 2345 [a] limieten voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam.

De berekende referentie-veiligheidsafstanden zijn gebruikt om, middels een vergelijking met de huidige door Defensie gehanteerde operationele veiligheidsafstanden, inzicht te verschaffen over de compleetheid en juistheid van de door Defensie gehanteerde operationele veiligheidsafstanden. De vergelijking heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- In totaal zijn 45 radars van de KM, 40 radars van de KLu en 11 radars van de KL geïnventariseerd.
- Van een aantal van deze geïnventariseerde radarsystemen zijn

onvoldoende technische gegevens beschikbaar om met het rekenmodel referentie-veiligheidsafstanden te kunnen bepalen (5 van de KM, 22 van de KLu en 0 van de KL).

- Van een aantal radars zijn geen Defensie veiligheidsafstanden beschikbaar (8 van de KM, 30 van de KLu en 5 van de KL).
- Van een aantal radars waarvan wel voldoende gegevens aanwezig waren, zijn de huidige, door de krijgsmacht gehanteerde veiligheidsafstanden groter dan of gelijk aan de berekende referentie-veiligheidsafstanden (28 van de KM, 8 van de KLu en 6 van de KL)

Van een aantal radars zijn de huidige veiligheidsafstanden kleiner dan de berekende referentie-veiligheidsafstanden (7 van de KM, 2 van de KLu en 0 van de KL). Dit zijn voor de KM: LW-08, LW-08/01, SATCOM/SCOT 1D, AN-SPG-51C/TRACK, MWCS (STIR I/II):TRACK, GMCS (STIR II): CWI SM, WM-25-CFA (GW en S-1) SEARCH. En voor de KLu: AN/ALQ 131 (ECM POD) en de ASR 910B.

PROGRAMMA**PROJECT**

Programmabegeleider

Projectbegeleider

Arts/
Militair Geneeskundig Facilitair Bedrijf

Programmaleider

Projectleider

TNO-FEL

Programmatitel

Projecttitel

Veiligheidsafstanden Radars

Programmanummer

Projectnummer

015.28880

Programmaplanning

Projectplanning

Start 01-01-1999

Gereed 01-07-2001

Frequentie van overleg

Projectteam

ONGERUBRICEERD

TNO Fysisch en Elektronisch
Laboratorium

is onderdeel van TNO Defensieonderzoek
waartoe verder behoren:

TNO Prins Maurits Laboratorium

TNO Technische Menskunde

Oude Waalsdorperweg 63

2597 AK 's-Gravenhage

Postbus 96864

2509 JG 's-Gravenhage

www.tno.nl

T 070 374 00 00

F 070 328 09 61

ONGERUBRICEERD



Inhoud

1.	Inleiding.....	9
2.	Opzet en uitvoering van het project 'Veiligheidsafstanden radars'	11
2.1	Inventarisatie van radars van Defensie en bijbehorende technische parameters	11
2.2	Ontwikkeling van een rekenmodel.....	11
2.3	Ontwikkeling van een meetsysteem.....	12
2.4	Het bepalen van veiligheidsafstanden op basis van TNO-FEL metingen en berekeningen.....	12
2.5	Het uitvoeren van vermogensdichtheidsberekeningen.....	13
2.6	Het uitvoeren van een rapportenonderzoek.....	14
3.	Toelichting bij de resultaten van de vermogensdichtheidsberekeningen.....	15
3.1	Veldberekeningen volgens de verre veld methode.....	15
3.2	Vermogensdichtheidsberekeningen voor nabije en verre veld	16
3.3	De veldverdeling in de antenne-apertuur	17
3.4	Conversiefactoren	19
3.4.1	Roterende radarantennes	19
3.4.2	Vermogensconversiefactor.....	19
3.4.3	Conversie factor van gemiddelde naar piek-vermogensdichtheid	20
3.5	STANAG 2345 limieten.....	20
3.6	Grootheden, symbolen en afkortingen bij de grafieken uit de bijlagen	20
4.	Referentie-veiligheidsafstanden	23
4.1	Referentie-veiligheidsafstanden KM-radars.....	24
4.2	Veiligheidsafstanden KLu-radars.....	26
4.3	Veiligheidsafstanden KL-radars.....	29
4.4	Conclusie referentie-veiligheidsafstanden	30
5.	Resultaten en conclusies.....	31
6.	Referenties	33
7.	Ondertekening	35

Bijlagen

Toelichting: De code voor de radarnaam betreft het referentienummer van de radar zoals gedurende het project is gehanteerd. De referentienummers zijn niet altijd doorlopend genummerd omdat nummers behorende bij bronnen die gedurende het selectieproces geen radars bleken te zijn, zijn vervallen.

Bijlagen KM

KM 01
KM 02
KM 03
KM 04
KM 05
KM 06
KM 07
KM 08
KM 09
KM 10
KM 11
KM 12
KM 13
KM 14
KM 15
KM 16
KM 17
KM 18
KM 19
KM 20
KM 21
KM 22
KM 23
KM 24 a
KM 24 b
KM 24 c
KM 25 a
KM 25 b
KM 25 c
KM 26
KM 27
KM 28
KM 29
KM 30
KM 31
KM 32
KM 33
KM 34
KM 35
KM 36
KM 37

KM 38
KM 39a
KM 39b
KM 40

Bijlagen KLu

KLu 01
KLu 02
KLu 05
KLu 06
KLu 08
KLu 09
KLu 10
KLu 11
KLu 12
KLu 13
KLu 14
KLu 15
KLu 16
KLu 17
KLu 18
KLu 19
KLu 20
KLu 21
KLu 22
KLu 23
KLu 24
KLu 25
KLu 30
KLu 31
KLu 37
KLu 38
KLu 39
KLu 40
KLu 41
KLu 42
KLu 43
KLu 44
KLu 45
KLu 47
KLu 48
KLu 49
KLu 51
KLu 52
KLu 53
KLu 54

HAWK CWAR PIP-II en III
HAWK HIPIR PIP II & III
HAWK IFF, AN/TPX-46

Bijlagen KL

KL 01
KL 02
KL 03
KL 04
KL 05a
KL 05b
KL 06
KL 07
KL 08
KL 09
KL 10



Afkortingen

ANSI	American National Standards Institute
CARA	Combined Altitude Radar Altimeter
CWAR	Continuous Wave Acquisition Radar
ECW	Electronische Centrale Werkplaats
GGW	Groep Geleide Wapens
HAWK	Homing All the Way Killer
HIPIR	High Powered Illuminator Radar
IFF	Interrogator Friend or Foe
MOR	Mortier opsporingsradar
MPR	Medium Power Radar
MRSS	Mini Radar Signal Simulator
PRTL	Pantser Rups Tegen Luchtdoelen
STANAG	NATO Standardization Agreement
TNO	Nederlandse organisatie voor toegepast-natuurwetenschappelijk onderzoek
TNO-FEL	TNO Fysisch en Elektronisch Laboratorium
VERA	Veiligheidsafstanden Radars (projectnaam)
VWS	Voorwaarschuwing Stinger

Acronymen van radars zijn alleen opgenomen in deze lijst voor zover door Defensie informatie over de volledige naam van de radar aan TNO-FEL beschikbaar is gesteld bij de radarinventarisatie.

1. Inleiding

Naar aanleiding van berichtgeving over vermeende schadelijke effecten ten gevolge van het werken met de radars van het HAWK-systeem van de Koninklijke Luchtmacht is bij Defensie de behoefte ontstaan aan het in kaart brengen van de elektromagnetische vermogensdichtheid opgewekt door de radarsystemen die bij Defensie in gebruik zijn. De resultaten van dit onderzoek stelt Defensie in staat veiligheidsafstanden te bepalen dan wel te verifiëren.

In opdracht van het Militair Geneeskundig Facilitair Bedrijf van het Ministerie van Defensie zijn in het kader van het project 'Veiligheidsafstanden radarsystemen' door TNO-FEL metingen, en modelberekeningen uitgevoerd ter bepaling van deze vermogensdichtheden opgewekt door radarsystemen. Deze informatie is gebruikt voor:

- I. Het, voor een beperkt aantal radars, uitgaande van de resultaten uit metingen en modelberekeningen, bepalen van operationele veiligheidsafstanden (op basis van de STANAG 2345 [1] limieten voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam).
- II. Het, voor alle radars, uitgaande van de resultaten uit modelberekeningen bepalen van de referentie-veiligheidsafstanden. Dit zijn de theoretische minimale afstanden waarvoor geldt dat de vermogensdichtheid in de hoofdbundel, bij afwezigheid van reflecties, kleiner is dan, of gelijk is aan de STANAG 2345 [1] limieten voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam.
- III. Het vergelijken van de onder punt I en II verkregen afstanden met de momenteel door Defensie gehanteerde veiligheidsafstanden.

De resultaten van de onder punt I genoemde werkzaamheden zijn reeds gepubliceerd in de rapporten [3], [4], [5] en [6].

Dit rapport betreft het vijfde en laatste rapport dat is gepubliceerd in het kader van dit project en geeft een totaaloverzicht van de in dit project uitgevoerde werkzaamheden. In hoofdstuk 2 wordt uitvoerig ingegaan op de werkzaamheden die zijn uitgevoerd binnen dit project. Hoofdstuk 3 geeft een toelichting op de onder punt II genoemde berekeningen waarvan de resultaten in de bijlagen zijn vermeld. De hieruit afgeleide referentie-veiligheidsafstanden (zie punt II) worden in hoofdstuk 4 vergeleken met de veiligheidsafstanden die momenteel door de krijgsmacht delen worden gehanteerd. In Hoofdstuk 5 worden de conclusies van dit onderzoek gepresenteerd. Het rapport wordt afgesloten met een referentielijst en de ondertekening welke in respectievelijk hoofdstuk 6 en hoofdstuk 7 zijn opgenomen.

2. Opzet en uitvoering van het project 'Veiligheidsafstanden radars'

2.1 Inventarisatie van radars van Defensie en bijbehorende technische parameters

Om vermogensdichtheidsmetingen en -berekeningen te kunnen uitvoeren aan radarsystemen is het noodzakelijk om over de technische gegevens te beschikken. Ten behoeve hiervan is door TNO-FEL een lijst met relevante technische radarparameters opgesteld. Deze lijst is aan de krijgsmachtdelen ter beschikking gesteld met het verzoek de lijst in te vullen voor elke in dit onderzoek te betrekken radar. In vervolg op respons vanuit de krijgsmachtdelen is een zo volledig mogelijk overzicht opgesteld van radars van de KM, KLu en KL. Voor zover mogelijk zijn van de door de krijgsmachtdelen ingebrachte radars de van belang zijnde radarspecificaties achterhaald en gestructureerd ondergebracht in elektronische bestanden in 'Word' formaat. Hiertoe zijn diverse bezoeken gebracht aan de krijgsmachtdelen en zijn technische documenten bestudeerd. Gegevens die door de krijgsmachtdelen voor 1 januari 2001 aan TNO-FEL zijn verstrekt zijn in deze bestanden ondergebracht.

De technische radarparameters zijn, gerangschikt naar krijgsmachtdeel, opgenomen in de bijlagen bij dit rapport en zijn geverifieerd door vertegenwoordigers van het betreffende krijgsmachtdeel.

2.2 Ontwikkeling van een rekenmodel

Door TNO-FEL is een rekenmodel ontwikkeld waarmee de elektrische veldsterkte en de vermogensdichtheid als functie van de afstand tot de radarantenne kan worden bepaald in zowel het verre veld als het nabije veld, zowel in de hoofdbundel als daarbuiten. Als input voor het rekenprogramma worden de volgende radarparameters gebruikt: de veldverdeling in de antenne-apertuur, de afmetingen en de vorm van de antenne-apertuur, de frequentie, het zendvermogen, de antenneversterking en de golfpijpverliezen. Indien de veldverdeling in de apertuur niet bekend is kan deze worden benaderd door uit te gaan van de 3 dB azimut- en elevatiebundelbreedte in het verre veld. Het document ANSI C95.3 [2] geeft hiervoor richtlijnen.

Het rekenmodel voorziet tevens in de mogelijkheid bodemreflecties te berekenen als functie van de elektrische bodemparameters, de hoek van inval op het bodemoppervlak en de polarisatie. Het rekenmodel is tot in detail beschreven in hoofdstuk 4 en de bijlagen A t/m D van het rapport 'Electric field intensity levels near the Hawk system' [3].

Het model is gebruikt en gevalideerd in de bij dit project behorende rapportages [3], [4], [5] en [6] en is goed bruikbaar gebleken als aanvulling op en bij de interpretatie van de resultaten verkregen door metingen.

De met het rekenmodel verkregen resultaten voor lokaties in de hoofdbundel komen, bij gelijke input parameters, overeen met de resultaten die kunnen worden verkregen uit de ANSI C95.3 [2]. In de ANSI C95.3 [2] worden geen formules gegeven ter bepaling van de vermogensdichtheid maar dient de vermogensdichtheid op een lokatie (alleen in de hoofdbundel) te worden afgeleid uit tabellen en grafieken.

2.3 Ontwikkeling van een meetsysteem

In het kader van dit project is een geautomatiseerd meetsysteem ontwikkeld om de nauwkeurigheid en de reproduceerbaarheid van de meetresultaten te bevorderen. Gebruik van dit systeem voorkomt dat het door de radar opgewekte veld wordt beïnvloed door de aanwezigheid van bedienend personeel. De methode gaat uit van het gebruik van een in hoogte verstelbare meetprobe die aan een kunststof mast is bevestigd. Het gehele meetsysteem is via een glasvezelkabel op afstand bestuurbaar en de meetresultaten kunnen geautomatiseerd worden vergaard en op afstand worden uitgelezen en gearhiveerd op een laptop. Hiervoor is besturingsssoftware ontwikkeld.

De in paragraaf 2.1 genoemde radarparameterlijsten van elk radarsysteem bevatten velden voor gegevens die nodig zijn om op een juiste manier en met de juiste meetinstrumenten metingen uit te kunnen voeren aan de betreffende radarsystemen. Tijdens de door TNO-FEL gegeven presentaties op de verschillende VERA-vergaderingen is het belang benadrukt van het gebruik van geschikte meetapparatuur voor het meten van de verschillende radarsignalen (modulatie, pulsform etc). Mede naar aanleiding hiervan wordt er in de, uit het RadHaz overleg voortgekomen, werkgroep 'meetmethodenoverleg' aandacht besteedt aan deze problematiek.

2.4 Het bepalen van veiligheidsafstanden op basis van TNO-FEL metingen en berekeningen

Voor een beperkt aantal, in overleg met Defensie geselecteerde, radarsystemen is een uitgebreid onderzoek ter bepaling van de operationele veiligheidsafstanden uitgevoerd, waarbij op basis van metingen en berekeningen (in en buiten de hoofdbundel) veiligheidsafstanden tot de radarantennes bepaald zijn voor verschillende operationele situaties. Hierbij is onder andere aandacht besteed aan blootstelling aan meerdere, tegelijkertijd operationeel zijnde radars van een radarsysteem, de stand van de radarantennes en bodemreflecties.

De veiligheidsafstanden zijn vergeleken met de momenteel door Defensie gehanteerde veiligheidsafstanden.

- In december 1998 zijn op de vliegbasis Twenthe door TNO-FEL veldsterktemetingen uitgevoerd aan de HIPIR en aan de CWAR van het HAWK-radarsysteem. De meet- en rekenresultaten alsmede de van toepassing zijnde veiligheidsafstanden zijn gepubliceerd in [3].
- In oktober 1999 zijn op de vliegbasis Leeuwarden en op GGW de Peel aanvullende metingen uitgevoerd aan de HIPIR. De meet- en rekenresultaten alsmede de van toepassing zijnde veiligheidsafstanden zijn gepubliceerd in [4].
- In mei 2000 zijn metingen uitgevoerd aan de MPR van de Koninklijke Luchtmacht opgesteld op de Radar Post Noord te Wier. De meet- en rekenresultaten alsmede de van toepassing zijnde veiligheidsafstanden zijn gepubliceerd in [5].
- In september 2000 zijn op respectievelijk het kazerneterrein van de ECW in Dongen en op de Prins Maurits kazerne te Ede metingen uitgevoerd aan de radars van de Flycatcher en de PRTL. De meet- en rekenresultaten alsmede de van toepassing zijnde veiligheidsafstanden zijn gepubliceerd in [6].

2.5 Het uitvoeren van vermogensdichtheidsberekeningen

Voor alle geïnventariseerde radars is voorzover mogelijk, aan de hand van de door Defensie verstrekte technische radargegevens, een berekening uitgevoerd van de opgewekte vermogensdichtheid als functie van de afstand tot de radarantenne in de hoofdbundel bij afwezigheid van reflecties. Hieruit is de minimale theoretische afstand afgeleid, waarvoor geldt dat de vermogensdichtheid kleiner is dan, of gelijk is aan de STANAG 2345 [1] limieten voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam. Deze afstand wordt referentie-veiligheidsafstand genoemd. Afhankelijk van de versterkte informatie is bij de berekeningen met het rekenmodel berekeningsmethode 1 en/of 2 gevolgd conform par. 3.1 respectievelijk par. 3.2. Teneinde Defensie inzicht te verschaffen over de juistheid en compleetheid van de momenteel gehanteerde veiligheidsafstanden alsmede de limieten waarop ze gebaseerd zijn, zijn de uit de berekeningen verkregen referentie-veiligheidsafstanden vergeleken met de momenteel door Defensie aangehouden veiligheidsafstanden.

2.6 Het uitvoeren van een rapportenonderzoek

Teneinde de uitgangspunten van de in par 2.5 genoemde berekeningen te verifiëren en de resultaten te vergelijken met reeds aanwezige meetresultaten zijn meetrappen van Defensie (KM en KLu) bestudeerd. Deze rapporten waren opgesteld met het doel om vermogensdichtheden te bepalen op *lokaties* waar zich personen konden bevinden of waar gevoelige apparatuur stond opgesteld. Voor dit project ontbrak in de door de KM en KLu aangeleverde meetrappen gedetailleerde meetinformatie over de vermogensdichtheid als functie van de *afstand* tot de radarantenne. De resultaten van de in par 2.5 genoemde berekeningen konden derhalve niet één op één worden vergeleken met meetresultaten uit deze rapporten.

3. Toelichting bij de resultaten van de vermogensdichtheidsberekeningen

Voor alle geïnventariseerde radars is voorzover mogelijk, aan de hand van de door Defensie verstrekte technische radargegevens, een berekening uitgevoerd van de opgewekte vermogensdichtheid als functie van de afstand tot de radarantenne in de hoofdbundel. Deze berekeningen zijn uitgevoerd zonder rekening te houden met reflecties. In de bijlagen van dit rapport worden deze resultaten gepresenteerd. De berekeningen zijn uitgevoerd aan de hand van de bijbehorende technische radargegevens zoals vermeld in de radarparameterlijsten in de bijlagen. Afhankelijk van de beschikbare gegevens zijn exacte berekeningen uitgevoerd of berekeningen volgens de verre veld benadering.

De berekening volgens de verre veld benadering is de eenvoudigste van de twee rekenmethoden en vereist de minste radargegevens. Deze rekenmethode geeft voor afstanden in het verre veld betrouwbare resultaten. Voor afstanden tot de radar kleiner dan de verre veld grens zijn de resultaten uit de verre veld berekening groter dan of gelijk aan de werkelijke waarden. De verre veld rekenmethode wordt beschreven in paragraaf 3.1.

De exacte berekening geeft voor alle afstanden betrouwbare resultaten. Om deze berekening te kunnen uitvoeren zijn ten opzichte van de verre veld methode aanvullende gegevens nodig over onder andere de veldverdeling in de antenne-apertuur. De methode wordt besproken in paragraaf 3.2.

In de bijlagen van dit rapport zijn de afstanden, verder referentie-veiligheidsafstanden genoemd, tot de radarantennes aangegeven waarbuiten de vermogensdichtheid in de hoofdbundel kleiner is dan of gelijk is aan de STANAG 2345 [1] limieten voor continue blootstelling, gemiddeld over het gehele lichaam. In Hoofdstuk 4 worden, indien mogelijk, deze referentie-veiligheidsafstanden vergeleken met de momenteel door Defensie gehanteerde veiligheidsafstanden.

3.1 Veldberekeningen volgens de verre veld methode

Indien van een radar het gemiddelde aan de antenne aangeboden vermogen P_a en de antenneversterking G_i bekend zijn kunnen, voor afstanden tot de radarantenne die liggen in het verre veld, middels een eenvoudige vergelijking de elektrische veldsterkte en de vermogensdichtheid worden bepaald in de hoofdbundel van de radarantenne. De elektrische veldsterkte kan worden berekend met:

$$E_{rms} = \sqrt{\frac{P_a G_i Z_0}{4\pi r^2}} \quad (3.1)$$

De vermogensdichtheid W wordt gegeven door:

$$W = \frac{E_{rms}^2}{Z_0} \quad (3.2)$$

In (3.1) en (3.2) zijn de volgende grootheden gebruikt:

E_{rms} = Elektrische veldsterkte [V/m];

W = Vermogensdichtheid [W/m^2];

P_a = Gemiddelde aan antenneklemmen aangeboden vermogen [W] ($= P/L$)

P = Gemiddelde zendvermogen [W];

L = Golfpijpv verliezen ($= P_a/P_r$);

G_i = Antenneversterking relatief t.o.v. isotrope straler;

r = Afstand tot de antenne in het verre veld [m];

Z_0 = Impedantie van de vrije ruimte = 377Ω .

Het verre veld is het gebied dat begint bij een afstand tot de radarantenne die groter is dan of gelijk is aan de verreveldgrens, $d_{farfield}$, gegeven door (3.3):

$$d_{farfield} = \frac{2D^2}{\lambda} \quad (3.3)$$

waarin:

$d_{farfield}$: Verre veld grens;

D : De grootste afmeting van de antenne-apertuur [m];

λ : Golfte [m] ($= c/f$ waarin c de lichtsnelheid in vacuüm [$3 \cdot 10^8$ m/s] en f de frequentie [Hz]).

3.2 Vermogensdichtheidsberekeningen voor nabije en verre veld

Voor nauwkeurige berekeningen van de vermogensdichtheid op lokaties in het nabije veld gebied dicht bij de radarantenne, gaat het door TNO-FEL toegepaste rekenmodel uit van de veldverdeling in de antenne-apertuur. De hieruit berekende vermogensdichtheid wordt zodanig geschaald dat waarden in het verre veld voldoen aan de verre veld vergelijking (3.1). De op deze wijze verkregen resultaten geven betrouwbare resultaten in zowel het nabije- als in het verreveldgebied.

De rekenmethode wordt beschreven in bijlage A van [3].

Alleen de KM heeft, voor bijna alle KM-radars, aan TNO-FEL informatie versterkt over de veldverdeling in de antenne-apertuur. Voor deze radars zijn vermogensdichtheidsberekeningen uitgevoerd met correcties voor het nabije veld.

In aanvulling hierop zijn voor zover mogelijk tevens voor andere radars vermogensdichtheidsberekeningen uitgevoerd met deze methode, waarbij is uitgegaan van een geschatte veldverdeling in de antenne-apertuur aan de hand van de richtlijnen uit de ANSI C95.3 [2]. In paragraaf 3.3 wordt hier verder op ingegaan. Met de informatie die door de krijgsmacht delen is aangeleverd kan echter geen zekerheid worden gegeven over de nauwkeurigheid van de op deze wijze geschatte veldverdeling in de antenne-apertuur. Daarom worden voor deze radars, bij de bepaling van de referentie-veiligheidsafstanden in hoofdstuk 4, de resultaten van vermogensdichtheidsberekeningen volgens zowel de methode uit par. 3.1 als uit par. 3.2 gebruikt. De met par. 3.1 bepaalde referentie-veiligheidsafstand is altijd groter dan, of gelijk aan de met par. 3.2 bepaalde referentie-veiligheidsafstand.

Met informatie uit de ANSI-C95.3-1973 [2] kan, naast het bepalen van veldverdelingen in de antenne-apertuur, tevens de vermogensdichtheid in de hoofdbundel in het nabije veldgebied worden bepaald. Dit door de met de 'verre veld vergelijking' (3.2) berekende vermogensdichtheid voor ieder punt in het nabije veld te corrigeren met een nabije veld correctiefactor. Deze correctiefactor kan, aan de hand van de apertuurbelichting worden afgelezen uit een grafiek die is opgenomen in [2].

Omdat in dit hoofdstuk slechts vermogensdichtheden in de hoofdbundel van toepassing zijn kan ter bepaling hiervan naast de door TNO-FEL gehanteerde rekenmethode tevens gebruik worden gemaakt van de ANSI-methode. Beide methoden geven gelijke resultaten.

3.3 De veldverdeling in de antenne-apertuur

De apertuurbelichting (veldverdeling in de antenne-apertuur) kan volgens [2] met vergelijking (3.4) uit Tabel 3-1 en Tabel 3-2 worden bepaald.

$$R = \frac{B \cdot L \cdot \pi}{\lambda \cdot 180} \quad (3.4)$$

waarin:

R = factor ter bepaling van de antenne-apertuur belichting [rad];
B = bundelbreedte op de 3 dB punten (horizontaal of verticaal) [graden];
L = horizontale of verticale dimensie van de antenne [m];
 λ = golflengte [m].

N.B.: 1 graad = $\pi/180$ rad;

In [2] wordt aangegeven dat de antenne-efficiëntie kan worden berekend met de vergelijking:

$$K = \frac{G_i \lambda^2}{4\pi A F} \quad (3.5)$$

waarin:

K = Antenne-efficiëntie;

F = Factor uit Tabel 3-1 en Tabel 3-2 waarbij voor rechthoekige aperturen geldt dat

$$F = F_{\text{hor}} * F_{\text{vert.}}$$

A = Fysieke oppervlakte van antenne-apertuur [m²]

Volgens [2] wordt een waarde van K tussen 0,4 en 0,9 redelijk geacht. Indien K niet in dit interval ligt kan de naast hogere of lagere orde belichting worden geprobeerd. Zowel R als K zijn opgenomen in de radarparameterlijst in de bijlagen van dit rapport.

Tabel 3-1: Richtlijnen ter bepaling van de horizontale en verticale belichting en efficiëntie van een rechthoekige antenne-apertuur uit [2].

Waarin :

Voor hor belichting is x de afstand tot verticale middellijn van de apertuur.

Voor vert belichting is x de afstand tot horizontale middellijn van de apertuur.

a is de apertuurafmeting [m].

R [rad] (zie (3.4))	Geschatte belichting F(x)	F _{hor} of F _{vert} (factor ter bepaling van de antenne-efficiëntie K)
0,8-1,2	1 (uniform)	1
1,2-1,45	Cos($\pi x/a$)	0,810
1,45-1,66	Cos ² ($\pi x/a$)	0,667
1,66-1,93	Cos ³ ($\pi x/a$)	0,575

Tabel 3-2: Richtlijnen ter bepaling van de belichting en efficiëntie van een cirkelvormige antenne-apertuur uit [2].

Waarin: r is de afstand tot centrum van apertuur, $q=2r/D$; D is de apertuurdiameter [m].

R [rad] (zie (3.4))	Geschatte belichting F(r)	F (factor ter bepaling van de antenne-efficiëntie K)
1,02-1,27	1 (uniform)	1,00
1,27-1,47	(1-q ²) ¹	0,75
1,47-1,65	(1-q ²) ²	0,56
1,65-1,81	(1-q ²) ³	0,44

3.4 Conversiefactoren

3.4.1 Roterende radarantennes

Ten opzichte van een stilstaande radarantenne zal bij een roterende (scannende) antenne de gemiddelde vermogensdichtheid waarmee een object wordt aangestraald bij benadering worden gereduceerd door de verhouding tussen de horizontale 3 dB bundelbreedte en de radar waarnemingshoek. Voor een waarnemingshoek van 360 graden geldt vergelijking (3.6).

In het nabije veld is de horizontale 3 dB bundelbreedte afhankelijk van de afstand tot de radarantenne. In [2] wordt als benadering voor de conversiefactor voor het nabije veld bij een waarnemingshoek (antennerotatiehoek) van 360 graden de vergelijking (3.7) gehanteerd.

$$\text{Conversiefactor}(r) = \frac{\theta_h}{360} \quad \text{voor het verre veld;} \quad (3.6)$$

$$\text{Conversiefactor}(r) = \frac{D_h}{2\pi r} \quad \text{voor het nabije veld waarbij } D_h < 2\pi r; \quad (3.7)$$

waarin:

θ_h = 3 dB horizontale bundelbreedte [graden];

D_h = horizontale afmeting antenne-apertuur [m];

r = afstand tot de antenne-apertuur [m].

3.4.2 Vermogensconversiefactor

De grafieken uit de bijlagen, betreffende de gemiddelde vermogensdichtheid als functie van de afstand tot de radar, gelden voor de parameters zoals aangegeven boven deze grafieken. Uit deze grafieken kan de gemiddelde vermogensdichtheid worden berekend bij een ander gemiddeld zendvermogen dan aangegeven bij de grafieken. Dit gaat met de volgende algemene regel:

Indien door meting of berekening de gemiddelde vermogensdichtheid W_1 (mW/cm²) op een lokatie is bepaald die ontstaat bij een gemiddeld zendvermogen van P_1 (Watt) dan kan de vermogensdichtheid die van toepassing is op het gemiddeld zendvermogen P_2 (Watt) worden berekend door de gemiddelde vermogensdichtheid W_1 te vermenigvuldigen met P_2/P_1 .

3.4.3 Conversie factor van gemiddelde naar piek-vermogensdichtheid

De grafieken uit de bijlagen, betreffende de gemiddelde vermogensdichtheid als functie van de afstand tot de radar, kunnen worden gebruikt bij het bepalen van de piek vermogensdichtheid uitgaande van de in de radarparameterlijsten (uit de bijlagen) vermelde, door Defensie verstrekte, informatie over de piek-vermogens. Dit gaat met de volgende regel:

Indien het gemiddelde zendvermogen P_1 (Watt) bedraagt en de bijbehorende gemiddelde vermogensdichtheid W_1 (mW/cm^2) dan kan de piekwaarde van de vermogensdichtheid van de puls berekend worden door $W_{\text{pick}} = (P_{\text{pick}} / P_1) * W_1$, waarbij P_{pick} het piekvermogen voorstelt.

Voorbeeld: [REDACTED]: Uit de bijbehorende grafiek in bijlage KM01 kan worden afgelezen dat de gemiddelde vermogensdichtheid op een afstand van [REDACTED] m tot de radarantenne [REDACTED] mW/cm^2 bedraagt. Dit bij een gemiddeld vermogen van [REDACTED] W. Het door de KM opgegeven piekvermogen bedraagt [REDACTED] kW. De piek-vermogensdichtheid op [REDACTED] m afstand bedraagt dan [REDACTED] $\text{mW}/\text{cm}^2 =$ [REDACTED] mW/cm^2 .

3.5 STANAG 2345 limieten

De STANAG 2345 [1] limieten voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam bedraagt $10 \text{ mW}/\text{cm}^2$ voor frequenties tussen 3 GHz en 300 GHz. Voor frequenties tussen 300 MHz en 3 GHz geldt als limiet $f/300$ (mW/cm^2) waarin f de frequentie in MHz representeert.

(MHz)

3.6 Grootheden, symbolen en afkortingen bij de grafieken uit de bijlagen

In de bijlagen van dit rapport worden de volgende afkortingen gebruikt:

D:	Diameter antenne-apertuur [m]
D_v :	Verticale afmeting van antenne-apertuur [m]
D_h :	Horizontale afmeting van antenne-apertuur [m]
f:	Frequentie [Hz]
G:	Gain
P:	Gemiddeld vermogen [W]
Loss:	Transmissieverliezen
Delta:	Afstand uit de as van de hoofdbundel
Index:	Betreffende cirkelvormige antenne-apertuur. Macht behorende bij de antenne-apertuurbelichting $F(r) = (1-q^2)^{\text{index}}$ waarin $q=2r/D$ en r = afstand tot apertuur-centrum

- Index-v/h: Betreffende rechthoekige antenne-apertuur. Macht behorende bij de verticale (v) en horizontale (h) antenne-apertuurbelichting $F(x) = (\cos(\pi x/a))^{\text{index } v/h}$ waarin: a de verticale of horizontale apertuurdimensie [m], x: voor hor. belichting de afstand tot verticale middellijn van de apertuur [m], x: voor vert. belichting de afstand tot horizontale middellijn van de apertuur [m]
- Dist_{10mW/cm2}: Vanaf deze afstand is de berekende vermogensdichtheid in de hoofdbundel lager dan of gelijk aan 10 mW/cm²
- Far field dist.: Afstand tot de antenne waarop het verre veld begint [m].
- W: Vermogensdichtheid [W/m²]
- R: Factor ter bepaling van de antenne-apertuurbelichting van cirkelvormige apertuurantennes [rad], (zie vgl. (3.4))
- Rh: Factor ter bepaling van de horizontale antenne-apertuurbelichting van rechthoekige apertuurantennes [rad], zie vgl. (3.4)
- Rv: Factor ter bepaling van de horizontale antenne-apertuurbelichting van rechthoekige apertuurantennes [rad], zie vgl. (3.4)
- K: Antenne-efficiëntie, zie vgl. (3.5)
- F: Factor ter bepaling van de antenne-efficiëntie (zie Tabel 3-1 en Tabel 3-2) waarbij voor rechthoekige aperturen geldt dat $F = F_{\text{hor}} * F_{\text{vert}}$.

4. Referentie-veiligheidsafstanden

Voor zover mogelijk zijn voor alle geïnventariseerde radarsystemen, uit de resultaten van modelberekeningen, referentie-veiligheidsafstanden bepaald. Deze zijn voor de verschillende krijgsmachtdelen weergegeven in Tabel 4-1, Tabel 4-2 en Tabel 4-3.

Referentie-veiligheidsafstanden zijn de theoretische minimale afstanden, waarvoor geldt dat de vermogensdichtheid in de hoofdbundel, bij afwezigheid van reflecties, kleiner is dan, of gelijk is aan de STANAG 2345 [1] limieten voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam.

Indien voldoende informatie beschikbaar was om berekeningen te kunnen uitvoeren is, afhankelijk van de door de krijgsmachtdelen aangeleverde informatie, bij de berekeningen van de referentie-veiligheidsafstanden alleen methode 1 (par. 3.1), zowel methode 1 als methode 2 (par. 3.2) of alleen methode 2 gevolgd. Methode 1 vraagt minder gegevens maar geeft referentie-veiligheidsafstanden die, als ze in het nabije veldgebied vallen, te groot zijn. Dit zou kunnen resulteren in een onnodig grote veiligheidsafstand. De met methode 1 bepaalde referentie-veiligheidsafstanden in het verre veld zijn betrouwbaar. Methode 2 geeft betrouwbare resultaten voor zowel referentie-veiligheidsafstanden in het verre veld- als in het nabije veldgebied. Het uitgangspunt hierbij vormt de veldverdeling in de antenne-apertuur. Alleen de KM heeft deze informatie, voor bijna alle KM radars, aan TNO-FEL versterkt. Voor deze radars zijn de referentie-veiligheidsafstanden bepaald met methode 2.

De referentie-veiligheidsafstanden van de overige radars van Defensie zijn bepaald met methode 1. In aanvulling hierop zijn, voorzover mogelijk, referentie-veiligheidsafstanden met methode 2 bepaald. Hierbij is uitgegaan van een geschatte veldverdeling in de antenne-apertuur aan de hand van de richtlijnen uit de ANSI C95.3 [1]. Bij de onder punt 4 berekende en gemeten radars bleek deze methodiek goed bruikbaar. Met de informatie die door de krijgsmachtdelen is aangeleverd kan echter geen zekerheid worden gegeven over de geldigheid van deze benadering bij andere radars. Daarom wordt voor deze radars tevens de referentie-veiligheidsafstand gegeven die met methode 1 is bepaald. Deze referentie-veiligheidsafstand is altijd groter dan, of gelijk aan de met methode 2 bepaalde referentie-veiligheidsafstand.

Bij een aantal radars wordt verwezen naar de rapportage van een gedetailleerd operationeel onderzoek. De veiligheidsafstanden die in deze rapportages zijn vermeld zijn gebaseerd op metingen en berekeningen uitgaande van operationeel radargebruik. Deze kunnen derhalve afwijken van de in de Tabel 4-1, Tabel 4-2 en Tabel 4-3 aangegeven waarden die slechts gelden in de hoofdbundel en zonder reflecties.

4.1 Referentie-veiligheidsafstanden KM-radars

In Tabel 4-1 zijn de berekende waarden van de referentie-veiligheidsafstanden van de radarantennes van de KM aangegeven. Bij de in Tabel 4-1 rood gemarkeerde radars is de kleinste berekende referentie-veiligheidsafstand groter dan de momenteel door de KM gehanteerde afstand.

Tabel 4-1: *Berekende waarden van de minimale afstand tot de radarantenne waarbij de vermogensdichtheid W in de hoofdbundel, zonder reflecties, kleiner is dan, of gelijk is aan de in de tabel aangegeven limieten voor de vermogensdichtheid (behorende bij de STANAG 2345-editie 2, 1997 voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam bij de van toepassing zijnde radarfrequentie). Deze afstand wordt referentie-veiligheidsafstand genoemd. Bij de berekening van de afstanden is uitgegaan van de verre veld methode (par. 3.1) en/of de methode met nabije veld correctie (par. 3.2) afhankelijk van de beschikbare informatie (zie tekst). In de aangegeven bijlagen zijn de radarparameters vermeld die zijn gehanteerd bij de berekeningen. De berekende afstanden gelden alleen voor de in de bijlagen bij de desbetreffende radar gegeven radarparameters.*

Radars KM		Limiet vermogensdichtheid W [mW/cm^2]	Min. afstand [m] in hoofdbundel voor $W \leq \text{limiet}$ (verre veld benadering)	Min. afstand [m] in hoofdbundel voor $W \leq \text{limiet}$ (met nabije veld corr.)	Opmerking	Momenteel door KM gehanteerde afstand [m]
Bijlage	Radarantenne					
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						

Radars KM		Limiet vermogensdichtheid W [mW/cm ²]	Min. afstand [m] in hoofd- bundel voor $W \leq$ limiet (verre veld benadering)	Min. afstand [m] in hoofd- bundel voor $W \leq$ limiet (met nabije veld corr.)	Opmerking	Mometeel door KM gehaateerde afstand [m]
Bijlage	Radarnaam					
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24 a						
24 b						
24 c						
25 a						
25 b						
25 c						
26						
27						
28						
29						
30						
31						
32						
33						
34						
35						
36						
37						
38						
39a						
39b						
40						

*) Geen berekening uitgevoerd vanwege een gebrek aan gegevens

4.2 Veiligheidsafstanden KLu-radars

In Tabel 4-2 zijn de berekende waarden van de referentie-veiligheidsafstanden van de radarantennes van de KLu aangegeven. Bij de in Tabel 4-2 rood gemarkeerde radars is de kleinste berekende referentie-veiligheidsafstand groter dan de momenteel door de KM gehanteerde afstand.

Tabel 4-2: *Berekende waarden van de minimale afstand tot de radarantenne waarbij de vermogensdichtheid W in de hoofdbundel, zonder reflecties, kleiner is dan, of gelijk is aan de in de tabel aangegeven limieten voor de vermogensdichtheid (behorende bij de STANAG 2345-editie 2, 1997 voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam bij de van toepassing zijnde radarfrequentie). Deze afstand wordt referentie-veiligheidsafstand genoemd. Bij de berekening van de afstanden is uitgegaan van de verre veld methode (par. 3.1) en/of de methode met nabije veld correctie afhankelijk van de beschikbare informatie (zie tekst). In de aangegeven bijlagen zijn de radarparameters vermeld die zijn gehanteerd bij de berekeningen. De berekende afstanden gelden alleen voor de in de bijlagen bij de desbetreffende radar gegeven radarparameters.*

Radars KLu		Limietvermogensdichtheid W [mW/cm^2]	Min. afstand [m] in hoofdbundel voor $W \leq \text{limiet}$ (verre veld benadering)	Min. afstand [m] in hoofdbundel voor $W > \text{limiet}$ (met nabije veld corr.)	Opmerking	Momenteel door KLu gehanteerde afstand [m]
Bijlage	Radar naam					
1						
2						
5						
6						
8						
9						
10						
11						
= 37						
12	HAWK CWAR PIP-II en III	10			Zie voor gedetailleerd operationeel onderzoek [3]	45
13	HAWK HIPIR PIP II & III	10			Zie voor gedetailleerd operationeel onderzoek [3] en [4]	120

Radars KLu		Limiet vermogensdichtheid W [mW/cm ²]	Min. afstand [m] in hoofd- bundel voor $W \leq$ limiet (verre veld benadering)	Min. afstand [m] in hoofd- bundel voor $W \leq$ limiet (niet nabije veld corr.)	Opmerking	Momenteel door KLu gehanteerde afstand [m]
Bijlage	Radarnaam					
14 = 50	HAWK IFF, AN/TPX-46	3,4	1,1		Zie voor gedetailleerd operationeel onderzoek [3]	
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24 = 40						
25						
30 = 39						
31						
37 = 11						
38						
39 = 30						
40 = 24						

Radars KLu		Limietvermogensdichtheid W [mW/cm^2]	Min. afstand [m] in hoofd- bundel voor $W \leq \text{limiet}$ (verre veld benadering)	Min. afstand [m] in hoofd- bundel voor $W \leq \text{limiet}$ (met nabije veld corr.)	Opmerking	Mometeel door KLu gehaande afstand [m]
Bijlage	Radarnaam					
41						
42						
43						
44						
45						
47						
48						
49						
51						
52						
53						
54						

*) Geen berekening uitgevoerd vanwege een gebrek aan gegevens

4.3 Veiligheidsafstanden KL-radars

In Tabel 4-3 zijn de berekende waarden van de referentie-veiligheidsafstanden van de radarantennes van de KL aangegeven.

Tabel 4-3: *Berekende waarden van de minimale afstand tot de radarantenne waarbij de vermogensdichtheid W in de hoofdbundel, zonder reflecties, kleiner is dan, of gelijk is aan de in de tabel aangegeven limieten voor de vermogensdichtheid (behorende bij de STANAG 2345-editie 2, 1997 voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam bij de van toepassing zijnde radarfrequentie). Deze afstand wordt referentie-veiligheidsafstand genoemd.*

Bij de berekening van de afstanden is uitgegaan van de verre veld methode (par. 3.1) of de methode met nabije veld correctie (par. 3.2) afhankelijk van de beschikbare informatie (zie tekst). In de aangegeven bijlagen zijn de radarparameters vermeld die zijn gehanteerd bij de berekeningen. De berekende afstanden gelden alleen voor de in de bijlagen bij de desbetreffende radar gegeven radarparameters.

Radars KL		Limiet vermogensdichtheid W [mW/cm^2]	Min. afstand (m) in hoofdbundel voor $W \leq$ limiet (verre veld benadering)	Min. afstand (m) in hoofdbundel voor $W \leq$ limiet (met nabije veld corr.)	Opmerking	Momenteel door KL gehanteerde afstand [m]
Bijlage	Radarnaam					
1						
2						
3						
4						
5a						
5b						

Radars KL		Limiet vermogensdichtheid W [mW/cm^2]	Min. afstand (m) in hoofd- bundel voor $W \leq$ limiet (verre veld benadering)	Min. afstand (m) in hoofd- bundel voor $W \leq$ limiet (niet nabije veld corr.)	Opmerking	Momenteel door KL gehanterde afstand (m)
Bijlage	Radarnaam					
6						
7						
8						
9						
10						

4.4 Conclusie referentie-veiligheidsafstanden

De berekende referentie-veiligheidsafstanden zijn gebruikt om, middels een vergelijking met de huidige door Defensie gehanteerde operationele veiligheidsafstanden, inzicht te verschaffen over de compleetheid en juistheid van de door Defensie gehanteerde operationele veiligheidsafstanden. De vergelijking heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- In totaal zijn 45 radars van de KM, 40 radars van de KLu en 11 radars van de KL geïnventariseerd.
- Van een aantal van deze geïnventariseerde radarsystemen zijn onvoldoende technische gegevens beschikbaar om met het rekenmodel referentie-veiligheidsafstanden te kunnen bepalen (5 van de KM, 22 van de KLu en 0 van de KL).
- Van een aantal radars zijn geen Defensie veiligheidsafstanden beschikbaar (8 van de KM, 30 van de KLu en 5 van de KL).
- Van een aantal radars waarvan wel voldoende gegevens aanwezig waren zijn de huidige, door de krijgsmacht gehanteerde veiligheidsafstand groter dan of gelijk aan de berekende referentie-veiligheidsafstanden (28 van de KM, 8 van de KLu en 6 van de KL).
- Van een aantal radars zijn de huidige veiligheidsafstanden kleiner dan de berekende referentie-veiligheidsafstanden (7 van de KM, 2 van de KLu en 0 van de KL).

Dit zijn voor de KM:

En voor de KLu:

5. Resultaten en conclusies

Aan een beperkt aantal, in overleg met Defensie geselecteerde, radarsystemen zijn door TNO-FEL zowel vermogensdichtheidsmetingen als -berekeningen uitgevoerd. Dit zijn radars van het HAWK-, [REDACTED]-radarsysteem alsmede de [REDACTED]. Uitgaande van deze resultaten zijn voor deze radarsystemen voor verschillende operationele situaties veiligheidsafstanden bepaald. Deze zijn reeds vermeld in [3], [4], [5] en [6]. De veiligheidsafstanden zijn afgeleid van de limieten uit de STANAG 2345 [1] voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam. Bij de [REDACTED] van de KL werd een veiligheidsafstand bepaald die kleiner was dan de door de KL gehanteerde veiligheidsafstand. Voor de overige radars was de door Defensie gehanteerde afstand groter dan of gelijk aan de door TNO-FEL bepaalde veiligheidsafstand. Bij de [REDACTED] van de KL kon geen vergelijking gemaakt worden omdat geen KL-veiligheidsafstand beschikbaar was.

In dit rapport zijn voor zover mogelijk voor alle geïnventariseerde radarsystemen, uit de resultaten van modelberekeningen, referentie-veiligheidsafstanden bepaald. Deze zijn voor de verschillende krijgsmachtdelen weergegeven in Tabel 4-1, Tabel 4-2 en Tabel 4-3.

De berekende referentie-veiligheidsafstanden zijn gebruikt om, middels een vergelijking met de huidige door Defensie gehanteerde operationele veiligheidsafstanden, inzicht te verschaffen over de compleetheid en juistheid van de door Defensie gehanteerde operationele veiligheidsafstanden. De vergelijking heeft de volgende resultaten opgeleverd:

- In totaal zijn 45 radars van de KM, 40 radars van de KLu en 11 radars van de KL geïnventariseerd.
- Van een aantal van deze geïnventariseerde radarsystemen zijn onvoldoende technische gegevens beschikbaar om met het rekenmodel referentie-veiligheidsafstanden te kunnen bepalen (5 van de KM, 22 van de KLu en 0 van de KL).
- Van een aantal radars zijn geen Defensie veiligheidsafstanden beschikbaar (8 van de KM, 30 van de KLu en 5 van de KL).
- Van een aantal radars waarvan wel voldoende gegevens aanwezig waren zijn de huidige, door de krijgsmacht gehanteerde veiligheidsafstand groter dan of gelijk aan de berekende referentie-veiligheidsafstanden (28 van de KM, 8 van de KLu en 6 van de KL)

- Van een aantal radars zijn de huidige veiligheidsafstanden kleiner dan de berekende referentie-veiligheidsafstanden (7 van de KM, 2 van de KLu en 0 van de KL).

Dit zijn voor de KM:

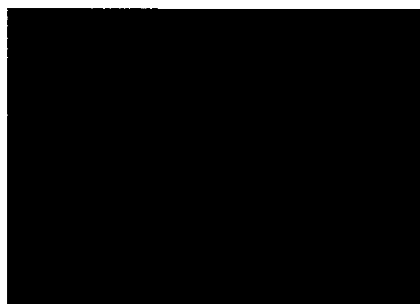
En voor de KLu: **BETREFT GEEN HAWK**

BETREFT GEEN HAWK

6. Referenties

- [1] NATO Standardization Agreement (STANAG) 2345
Evaluation and Control of Personnel Exposure to Radio Frequency Fields
3 kHz to 300 GHz, edition 2, 1997
- [2] ANSI C95.3-1973 American National Standard Techniques and
Instrumentation for the measurement of potentially hazardous
electromagnetic radiation at microwave frequencies
- [3] Electric field intensity levels near the Hawk system,
[REDACTED]
TNO-rapport FEL-99-A224, December 1999
- [4] Elektrische veldsterkte in de omgeving van de HIPIR op GGW de Peel en
Vliegbasis Leeuwarden,
[REDACTED]
TNO-rapport FEL-00-A120, Mei 2000
- [5] Elektrische veldsterkte in de omgeving van de Medium Power Radar
opgesteld op de Radar Post Noord te Wier,
[REDACTED]
TNO-rapport FEL-00-A121, Mei 2000
- [6] Elektromagnetisch veldsterkte-onderzoek Flycatcher en PRTL
[REDACTED] TNO-rapport FEL-01-A213

7. Ondertekening

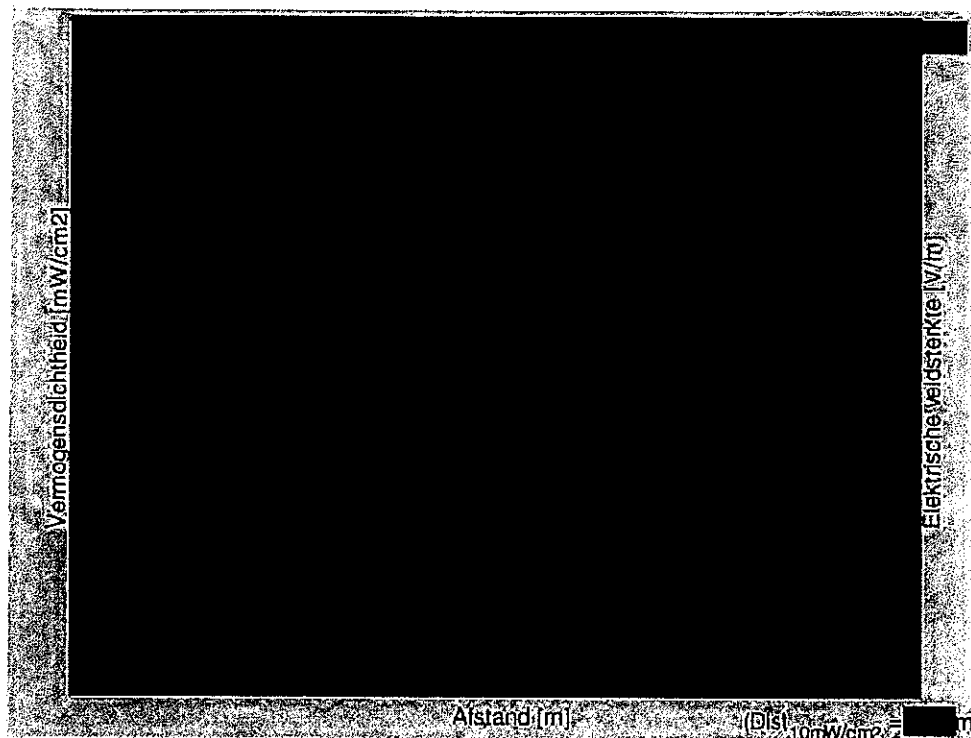


Bijlage Klu12 HAWK CWAR PIP-II & III

Tabel KLU12-a:

De door de KLu verstrekte radarparameters. Informatie behorende bij de niet ingevulde velden is niet versterkt. N.B.: De twee velden betreffende de (antenne-apertuur)belichtingen, bevatten, indien ingevuld, gegevens over R (of R_h en R_v) en K die zijn afgeleid uit de in deze tabel vermelde parameters volgens par 3.3. De waarde van de Index (indien vermeld) behorende bij de apertuurbelichting is door TNO-FEL berekend volgens par. 3.3 tenzij verstrekt door de KLu. Dit is dan aangegeven door (KLu). Voor een verklaring van deze parameters en een toelichting wordt verwezen naar Hfd. 3.

Algemeen	Klu 12
- Benaming	HAWK CWAR PIP-II & III
- Type antenne	
- Vert. afmeting (m)	
- Hor. afmeting (m)	
- Antennehoogte (m)	
- Min. antenne-elevatie (graden)	
- Elevation range (graden)	
- Azimuth range (graden)	
- Omwentelingssnelheid (omw. /minuut)	
Zendereigenschappen	
- Zendwijze, modulatie	
- Minimale zendfrequentie (MHz)	
- Maximale zendfrequentie (MHz)	
- Vermogen (W gemiddeld)	
- Vermogen (kW piek)	
- Min. pulsduur (μ s)	
- Max. pulsduur (μ s)	
- Min. pulsherh. freq. (kHz)	
- Max. pulsherh. freq. (kHz)	
- Transmissieverliezen (dB)	
Antenne-eigenschappen	
- Polarisaatie (hor, vert, circulair)	
- Belichting Hor.	
- Belichting Vert.	
- Max. antennewinst / gain (dBi)	
- Vert. bundelbreedte (graden)	
- Hor. Bundelbreedte (graden)	
- Zijlusniveau t.o.v. maximum (dB)	
- Hoek max. zijlusniveau (graden)	



Figuur KLU12-a:

Berekende waarden van de tijdgemiddelde vermogensdichtheid (blauw) en elektrische veldsterkte (rood) in de hoofdbundel als functie van de afstand tot de radarantenne in de vrije ruimte. De gestippelde en doorgetrokken lijnen geven de resultaten zonder, respectievelijk met golflijpverliezen weer. Bij de berekening is uitgegaan van de gegevens uit Tabel KLU12-a welke zijn aangegeven in de koptekst van deze figuur en worden verklaard in Hfd 3. De berekende waarden zijn gecorrigeerd voor het nabije veld conform ANSI C95.3-1973 [2] (zie hfd 3).

Tabel KLU12-b:

Berekende minimale afstand (afgeleid uit Figuur KLU12-a) tot de antenne voor een vermogensdichtheid W in de hoofdbundel kleiner dan of gelijk aan 10 mW/cm^2 (STANAG 2345 editie-2, 1997 limiet voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam voor het van toepassing zijnde frequentiegebied). Zie Hfd 3 voor een toelichting.

Minimale afstand voor $W \leq 10 \text{ mW/cm}^2$	
Nabije veld correctie: ja	
7.1.1.1.44 Situatie	
Stilstaande antenne	

Bijlage Klu13 HAWK HIPIR PIP-II & III

Tabel KLU13-a:

De door de KLu verstrekte radarparameters. Informatie behorende bij de niet ingevulde velden is niet versterkt. N.B.: De twee velden betreffende de (antenne-apertuur)belichtingen, bevatten, indien ingevuld, gegevens over R (of Rh en Rv) en K die zijn afgeleid uit de in deze tabel vermelde parameters volgens par 3.3. De waarde van de Index (indien vermeld) behorende bij de apertuurbelichting is door TNO-FEL berekend volgens par. 3.3 tenzij verstrekt door de KLu. Dit is dan aangegeven door (KLu). Voor een verklaring van deze parameters en een toelichting wordt verwezen naar Hfd. 3.

Algemeen	Klu 13
- Benaming	HAWK HIPIR PIP-II & III
- Type antenne	
- Vert. afmeting (m)	
- Hor. afmeting (m)	
- Antennehoogte (m)	
- Min. antenne-elevatie (graden)	
- Elevation range (graden)	
- Azimuth range (graden)	
- Omwentelingssnelheid (omw. /minuut)	
Zendereigenschappen	
- Zendwijze, modulatie	
- Minimale zendfrequentie (MHz)	
- Maximale zendfrequentie (MHz)	
- Vermogen (W gemiddeld)	
- Vermogen (kW piek)	
- Min. pulsduur (µs)	
- Max. pulsduur (µs)	
- Min. pulsherh. freq. (kHz)	
- Max. pulsherh. freq. (kHz)	
- Transmissieverliezen (dB)	
Antenne-eigenschappen	
- Polarisatie (hor, vert, circulair)	
- Belichting Hor.	
- Belichting Vert.	
- Max. antennewinst / gain (dBi)	
- Vert. bundelbreedte (graden)	
- Hor. Bundelbreedte (graden)	
- Zijlusniveau t.o.v. maximum (dB)	
- Hoek max. zijlusniveau (graden)	



Figuur KLUI3-a:

Berekende waarden van de tijdgemiddelde vermogensdichtheid (blauw) en elektrische veldsterkte (rood) in de hoofdbundel als functie van de afstand tot de radarantenne in de vrije ruimte. De gestippelde en doorgetrokken lijnen geven de resultaten zonder, respectievelijk met golfpijpverliezen weer. Bij de berekening is uitgegaan van de gegevens uit Tabel KLUI3-a welke zijn aangegeven in de koptekst van deze figuur en worden verklaard in Hfd 3. De berekende waarden zijn gecorrigeerd voor het nabije veld conform ANSI C95.3-1973 [2] (zie hfd 3).

Tabel KLUI3-b:

Berekende minimale afstand (afgeleid uit Figuur KLUI3-a) tot de antenne voor een vermogensdichtheid W in de hoofdbundel kleiner dan of gelijk aan 10 mW/cm^2 (STANAG 2345 editie-2, 1997 limiet voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam voor het van toepassing zijnde frequentiegebied). Zie Hfd 3 voor een toelichting.

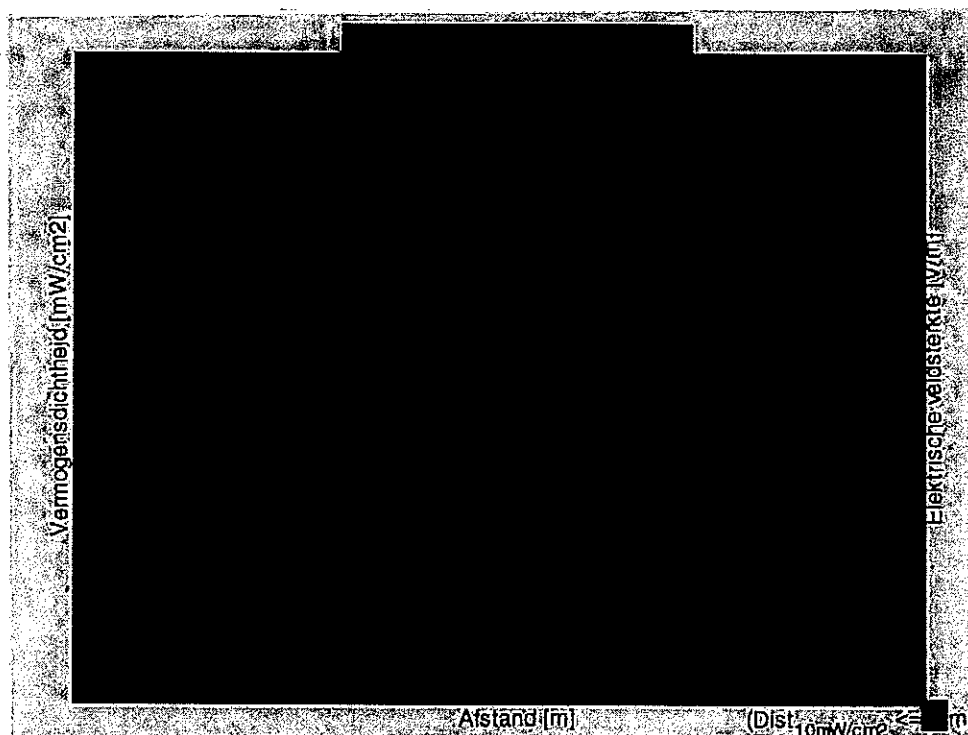
Minimale afstand voor $W \leq 10 \text{ mW/cm}^2$	
Nabije veld correctie: nee	
7.1.1.1.45 Situatie	
Stilstaande antenne	

Bijlage Klu14 HAWK IFF

Tabel KLU14-a:

De door de KLu verstrekte radarparameters. Informatie behorende bij de niet ingevulde velden is niet versterkt. N.B.: De twee velden betreffende de (antenne-apertuur)belichtingen, bevatten, indien ingevuld, gegevens over R (of R_h en R_v) en K die zijn afgeleid uit de in deze tabel vermelde parameters volgens par 3.3. De waarde van de Index (indien vermeld) behorende bij de apertuurbelichting is door TNO-FEL berekend volgens par. 3.3 tenzij verstrekt door de KLu. Dit is dan aangegeven door (KLu). Voor een verklaring van deze parameters en een toelichting wordt verwezen naar Hfd. 3.

Algemeen	Klu 14
- Benaming	HAWK IFF
- Type antenne	
- Vert. afmeting (m)	
- Hor. afmeting (m)	
- Antennehoogte (m)	
- Min. antenne-elevatie (graden)	
- Elevation range (graden)	
- Azimuth range (graden)	
- Omwentelingssnelheid (omw./min.)	
Zendereigenschappen	
- Zendwijze, modulatie	
- Minimale zendfrequentie (MHz)	
- Maximale zendfrequentie (MHz)	
- Vermogen (W gemiddeld)	
- Vermogen (kW piek)	
- Min. pulsduur (μ s)	
- Max. pulsduur (μ s)	
- Min. pulsherh. freq. (kHz)	
- Max. pulsherh. freq. (kHz)	
- Transmissieverliezen (dB)	
Antenne-eigenschappen	
- Polarisatie (hor, vert, circulair)	
- Belichting Hor.	
- Belichting Vert.	
- Max. antennewinst / gain (dBi)	
- Vert. bundelbreedte (graden)	
- Hor. Bundelbreedte (graden)	
- Zijlusniveau t.o.v. maximum (dB)	
- Hoek max. zijlusniveau (graden)	



Figuur KLU14-a:

Berekende waarden van de tijdgemiddelde vermogensdichtheid (blauw) en elektrische veldsterkte (rood) in de hoofdbundel als functie van de afstand tot de radarantenne in de vrije ruimte. De gestippelde en doorgetrokken lijnen geven de resultaten zonder, respectievelijk met golfschijfverliezen weer. Bij de berekening is uitgegaan van de gegevens uit Tabel KLU14-a welke zijn aangegeven in de koptekst van deze figuur en worden verklaard in Hfd 3. De berekende waarden zijn berekend conform de verre veld berekening uit Hfd 3 en derhalve niet gecorrigeerd voor het nabije veld.

Tabel KLU14-b:

Berekende minimale afstand (afgeleid uit Figuur KLU14-a) tot de antenne vóór een vermogensdichtheid W in de hoofdbundel kleiner dan of gelijk aan $3,4 \text{ mW/cm}^2$ (STANAG 2345 editie-2, 1997 limiet voor continue blootstelling gemiddeld over het gehele lichaam voor het van toepassing zijnde frequentiegebied). Zie Hfd 3 voor een toelichting.

Minimale afstand voor $W \leq 3,4 \text{ mW/cm}^2$	
Nabije veld correctie: nee	
7.1.1.1.46 Situatie	
Stilstaande antenne	1,1 m

ONGERUBRICEERD
REPORT DOCUMENTATION PAGE
(MOD-NL)

1. DEFENCE REPORT NO (MOD-NL) TD00-	2. RECIPIENT'S ACCESSION NO	3. PERFORMING ORGANISATION REPORT NO FEL-02-C053
4. PROJECT/TASK/WORK UNIT NO 015-28880	5. CONTRACT NO A99D818	6. REPORT DATE February 2002
7. NUMBER OF PAGES 231 (incl appendices & RDP, excl distribution list)	8. NUMBER OF REFERENCES	9. TYPE OF REPORT AND DATES COVERED Final
10. TITLE AND SUBTITLE Veiligheidsafstanden Radars Defensie		
11. AUTHOR(S) 		
12. PERFORMING ORGANISATION NAME(S) AND ADDRESS(ES) TNO Physics and Electronics Laboratory, PO Box 96864, 2509 JG The Hague, The Netherlands Oude Waalsdorperweg 63, The Hague, The Netherlands		
13. SPONSORING AGENCY NAME(S) AND ADDRESS(ES) Militair Geneeskundig Facilitair Bedrijf PO Box 20701, 2500 ES The Hague, The Netherlands		
14. SUPPLEMENTARY NOTES The classification designation Ongerubriceerd is equivalent to Unclassified, Stg. Confidentieel is equivalent to Confidential and Stg. Geheim is equivalent to Secret.		
15. ABSTRACT (MAXIMUM 200 WORDS (1044 BYTE)) TNO-FEL was sponsored by the Netherlands Defense organisation to investigate the electric field intensities near radars of the armed forces of the Netherlands. Calculated safety distances were compared to safety distances that are currently in use by the armed forces.		
16. DESCRIPTORS Radiation Hazards Radar Electromagnetic Fields		
17a. SECURITY CLASSIFICATION (OF REPORT) 	17b. SECURITY CLASSIFICATION (OF PAGE) Ongerubriceerd	17c. SECURITY CLASSIFICATION (OF ABSTRACT) Ongerubriceerd
18. DISTRIBUTION AVAILABILITY STATEMENT Unlimited / Subject to approval MOD-NL		17d. SECURITY CLASSIFICATION (OF TITLES) Ongerubriceerd

Distributielijst

1. DWOO
2. HWO-KM
3. HWO-KL
4. HWO-KLu
5. HWO-CO
6. DM&P TNO-DO
7. Directeur TNO-PML
8. Directeur TNO-TM
9. Accountcoördinator CO
10. Bibliotheek KMA
11. Directeur-Generaal Personeel
12. Directeur Militair Geneeskundig Facilitair Bedrijf, tevens HMA
13. MGFB/Chef Staf, tevens PDMGFB & PHMA
14. Projectbegeleider/MGFB [REDACTED] arts
15. Projectbegeleider/MGFB [REDACTED]
16. Documentatie MGFB
17. Reserve MGFB
18. VERA/KM [REDACTED]
19. VERA/KM [REDACTED]
20. VERA/KL [REDACTED]
21. VERA/KL [REDACTED]
22. DARIC
- 23-24. Archief MGFB
25. DTO/Frequentie management Maj [REDACTED]
26. VERA/KL [REDACTED]
27. Arbodienst KM KTZAR [REDACTED]
28. Inspecteur Militaire Gezondheidszorg
29. MODBE/MSW MED Maj [REDACTED]
30. IMG/H-SBD
31. DARIC
32. Thales/Nederland [REDACTED]
33. Hoofd Afdeling Arbodienstverlening Koninklijke Luchtmacht
34. Hoofd Afdeling Grond-Lucht Geleide Wapens
- 35-36. Documentatie Arbodienstverlening KLu
- 37-38. Reserve Arbodienstverlening KLu
- 39-52. Archief Arbodienstverlening KLu

53 KM/vz. RadHaz-overleg [REDACTED]
 54 KM/Marinestaf/HBVMA KTZ [REDACTED]
 55-56 Arbodienst KM
 57-58 HOBKL/ECW Documentatie
 59-60 ARBODKL/DOCINFO
 61-63 Div. Log. Centrum t.a.v. ARBO-coördinator
 64 DPO/ARBO ARBO-coördinator KL t.a.v. Maj [REDACTED]
 65-67 COKL
 68-72 DM/WTS
 73-75 DM/C3I
 76 DPO/GZDKL t.a.v. Kol-arts [REDACTED] (custodian STANAG 2345 MED)
 77-100 Archief MGFB
 101 Directeur TNO-FEL
 102 Adjunct-directeur TNO-FEL, daarna reserve
 103 Archief TNO-FEL, in bruikleen aan MPC*
 104 Archief TNO-FEL, in bruikleen aan Accountmanager CO
 105 Archief TNO-FEL, in bruikleen aan [REDACTED]
 106 Archief TNO-FEL, in bruikleen aan [REDACTED]
 107 Archief TNO-FEL, in bruikleen aan [REDACTED]
 108 Archief TNO-FEL, in bruikleen aan [REDACTED]
 109 Archief TNO-FEL, in bruikleen aan [REDACTED]
 110 Archief TNO-FEL, in bruikleen aan [REDACTED]
 111 Documentatie TNO-FEL
 112 Reserve



