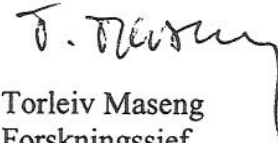


FFIE/742/110

Godkjent  
Kjeller 17 januar 2002



Torleiv Maseng  
Forskningsjef

**MOTTAKERANTENNER FOR  
FREKVENSBÅNDET 1 MHz TIL 30 MHz**

PRYTZ Snorre

FFI/RAPPORT-2002/00017

**FORSVARETS FORSKNINGSINSTITUTT**  
**Norwegian Defence Research Establishment**  
Postboks 25, 2027 Kjeller, Norge

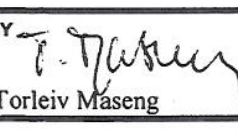


FORSVARETS FORSKNING SINSTITUTT (FFI)  
Norwegian Defence Research Establishment

UNCLASSIFIED

P O BOX 25  
NO-2027 KJELLER, NORWAY  
REPORT DOCUMENTATION PAGE

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE  
(when data entered)

1) PUBL/REPORT NUMBER FFI/RAPPORT-2002/00017	2) SECURITY CLASSIFICATION UNCLASSIFIED	3) NUMBER OF PAGES 25
1a) PROJECT REFERENCE FFIE/742/110	2a) DECLASSIFICATION/DOWNGRADING SCHEDULE -	
4) TITLE MOTTAKERANTENNER FOR FREKVENSBÅNDET 1 MHz TIL 30 MHz  RECEIVING ANTENNAS FOR THE FREQUENCY BAND 1 MHz TO 30 MHz		
5) NAMES OF AUTHOR(S) IN FULL (surname first) PRYTZ Snorre		
6) DISTRIBUTION STATEMENT Approved for public release. Distribution unlimited. (Offentlig tilgjengelig)		
7) INDEXING TERMS IN ENGLISH:		
a) HF		IN NORWEGIAN:
b) Receiving antennas		a) HF
c) _____		b) Mottakerantenner
d) _____		c) _____
e) _____		d) _____
		e) _____
THESAURUS REFERENCE:		
8) ABSTRACT  Several types of antennas for an HF (1 MHz - 30 MHz) radio intelligence station have been simulated. By dividing the frequency band into two, 1 MHz to 3 MHz and 3 MHz to 30 MHz, the required specification for receiving signals over 360° azimuth, low cost and use of minimal space was met with an "inverted L" antenna for the lowest frequency band and a pivot mounted log periodic antenna for the highest frequency band		
9) DATE 17 January 2002	AUTHORIZED BY This page only  Torleiv Maseng	POSITION Director of Research

ISBN 82-464-0578-0

UNCLASSIFIED

SECURITY CLASSIFICATION OF THIS PAGE  
(when data entered)



**INNHold**

	<b>Side</b>	
1	INNLEDNING	7
2	GENERELT	7
3	MOTTAKERANTENNE FOR FREKVENSÅNDET 1 MHz TIL 2.8 MHz	8
3.1	Antennens strålingsdiagrammer for forskjellige frekvenser	10
4	MOTTAKERANTENNE FOR FREKVENSÅNDET 2.75 MHz TIL 30 MHz	13
4.1	Antennens strålingsdiagrammer for forskjellige frekvenser	15
5	KONKLUSJON	21
APPENDIKS		22
A SAMSON-FLAMSTEED PROJEKSJONEN		22
Fordelingsliste		25



## MOTTAKERANTENNER FOR FREKVENSBÅNDET 1 MHz TIL 30 MHz

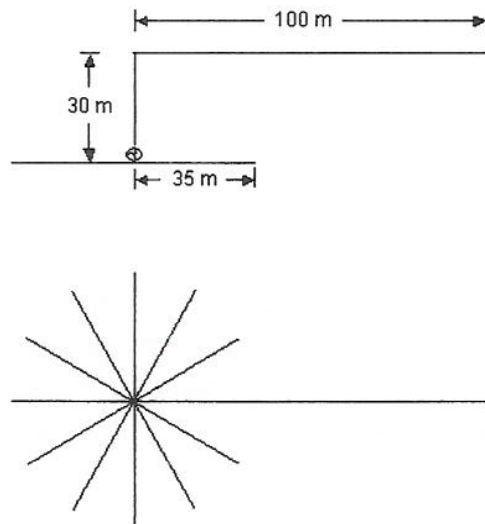
### 1 INNLEDNING

Antenner til en radiomottakerstasjon i frekvensbåndet 1 MHz til 30 MHz er beregnet. Radio-signalene kan komme fra alle retninger. Antennene skal være best mulig uten å ta for stor plass. Det store frekvensspennet gjør at en må gi avkall på stor forsterkning for de laveste frekvensene der de fysiske dimensjonene ville blitt store. En omvendt L antenne er simulert for frekvensbåndet 1 MHz – 2.75 MHz, denne er omtrent rundstrålende. For frekvensbåndet 2.75 MHz – 30 MHz har en benyttet en logperiodisk struktur som gir stor forsterkning. Det er tatt hensyn til kostnadene og at en har begrenset plass.

### 2 GENERELT

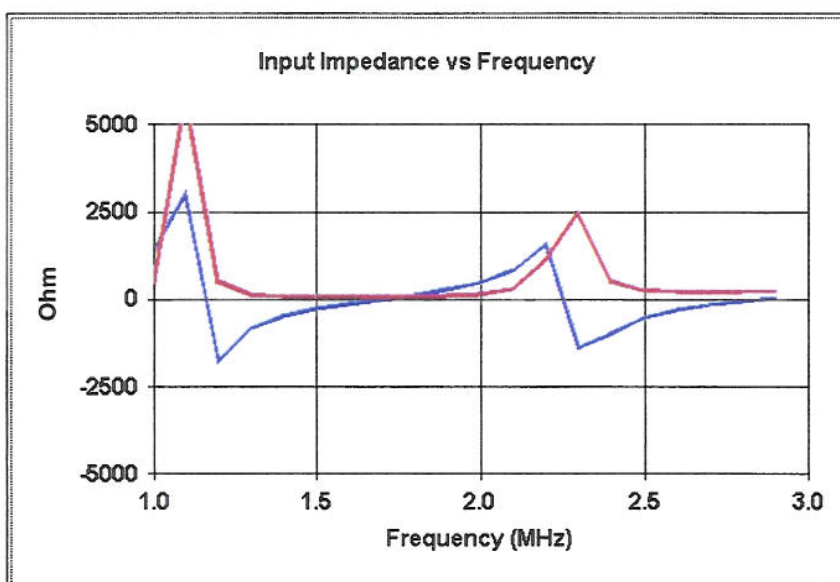
I frekvensbåndet 1 MHz til 30 MHz vil støyen være begrensende for hvor svake signaler en kan motta. Dette gjør seg spesielt gjeldende for de lave frekvensene. Hvis innkommende interferens-signaler er uniforme med hensyn til retning vil en direktiv mottakerantenne plukke opp like mye støy som en isotropisk. Kommer interferenssignalene derimot fra for eksempel et nærliggende tettsted vil en direktiv antenne kunne diskriminere mot denne interferensen, hvis antennens minimale følsomhet vender mot kilden. Interferenssignaler kommer også fra fjerne kilder der signalene blir reflektert fra ionosfæren. Disse kan treffe antennen fra alle vinkler slik at en direktiv antenne ikke er bedre enn en isotropisk, unntatt for korte øyeblikk der kraftig interferens kan komme fra en retning der antennen har minimum følsomhet. Selv om støyeffekten som genereres av en antenne er uavhengig av antennens forsterkning kan signal-støy forholdet bedres betraktelig om mottakerantennen har stor forsterkning i den retningen senderen ligger.

### 3 MOTTAKERANTENNE FOR FREKVENSBÅNDET 1 MHz TIL 2.8 MHz



Figur 3.1 Omvendt L antenne

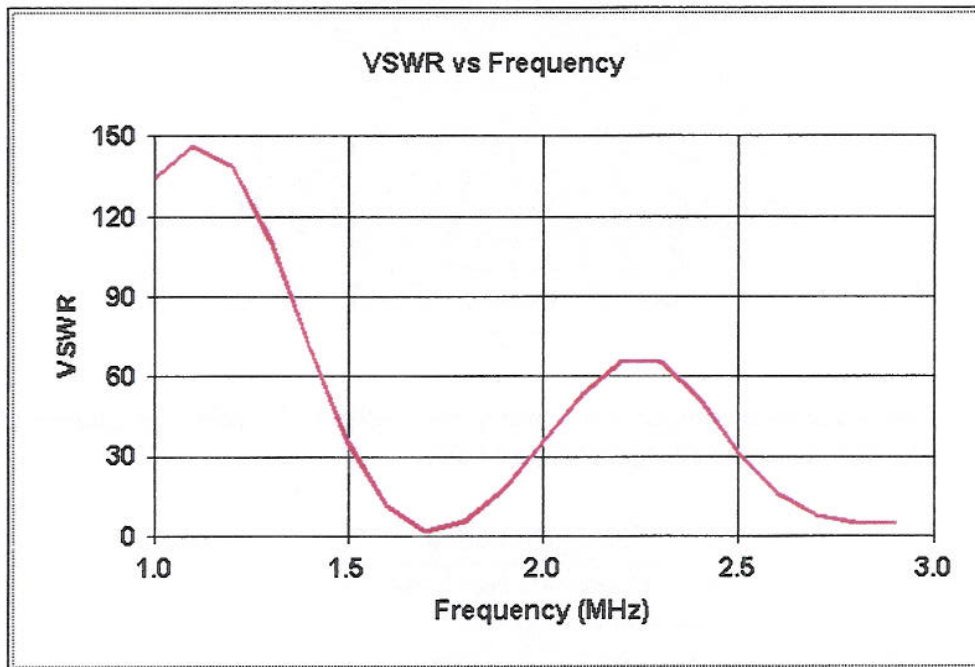
Den omvendte L antennen som er vist i figur 3.1 er en av flere som er simulert ved hjelp av programmet "NEC-Win Professional". Antennen er valgt fordi den har brukbare egenskaper, krever liten plass og er relativt billig. Den er spent opp mellom to 30 m høye master ca 100 m fra hverandre. Simuleringen er gjort med 3 mm antennewire som går mellom mastene og ned til jord på den ene. Matepunkt er lagt 0.25 m over jord. Jordnettet er svært viktig, det består av 12 radielle kobberwirer 35 m lange. Under simuleringen er disse plassert 20 mm over bakken, som er definert med ledningsevne 0,006 S/m og relativ dielektrisitetskonstant 13. Dette er den korteste avstand til bakken som simuleringsprogrammet håndterer for disse frekvensene, men forskjellen fra et virkelig jordnett er liten.



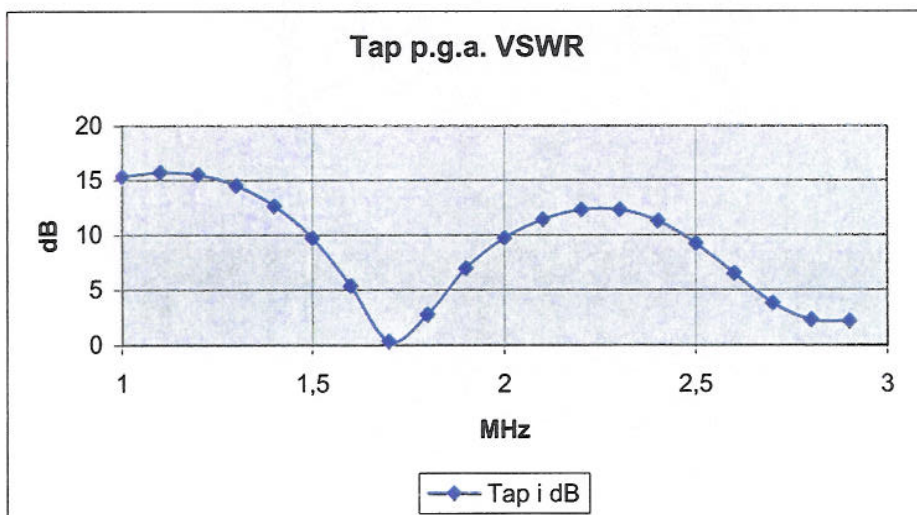
Figur 3.2 Antenneimpedans for omvendt L antenne.  
Realdelen rød kurve, imaginærdelen blå kurve



Simulert antenneimpedans for 1 MHz til 2.9 MHz frekvensområdet er vist i figur 3.2. Den har resonans ved ca. 1.2 MHz, 1.75 MHz og ca. 2.2 MHz. Impedansens realdel er svært høy nær de to ekstreme resonansene. Standbølgeforholdet som er vist i figur 3.3. viser et høyt nivå rundt disse frekvensene. Dette fører til tap da mottatt effekt reflekteres tilbake til antennen fra mottakeren. En kan imidlertid benytte antennen som mottakerantenne over hele frekvensbåndet selv om maksimalt tap er ca 16 dB, som vist i figur 3.4, da både støy og signal dempes med de samme 16 dB. Selv med 16 dB demping vil antennestøyen være større en mottakerens egenstøy.

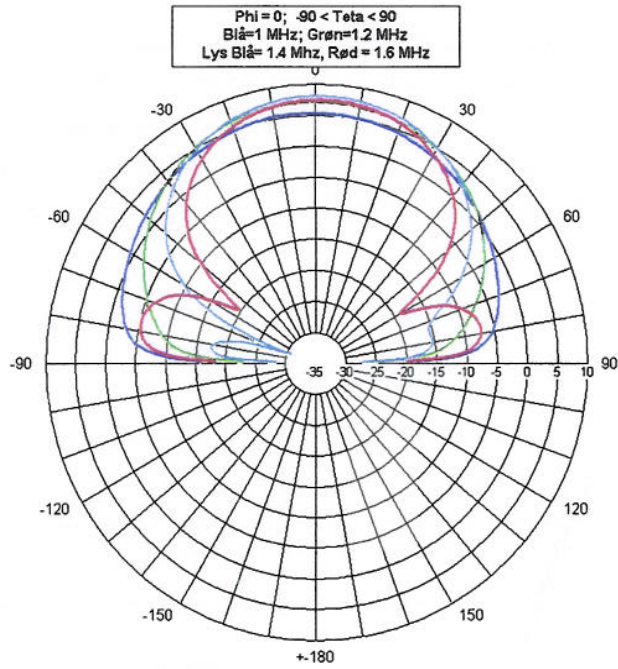


Figur 3.3 VSWR som funksjon av frekvens for omvendt L antenne

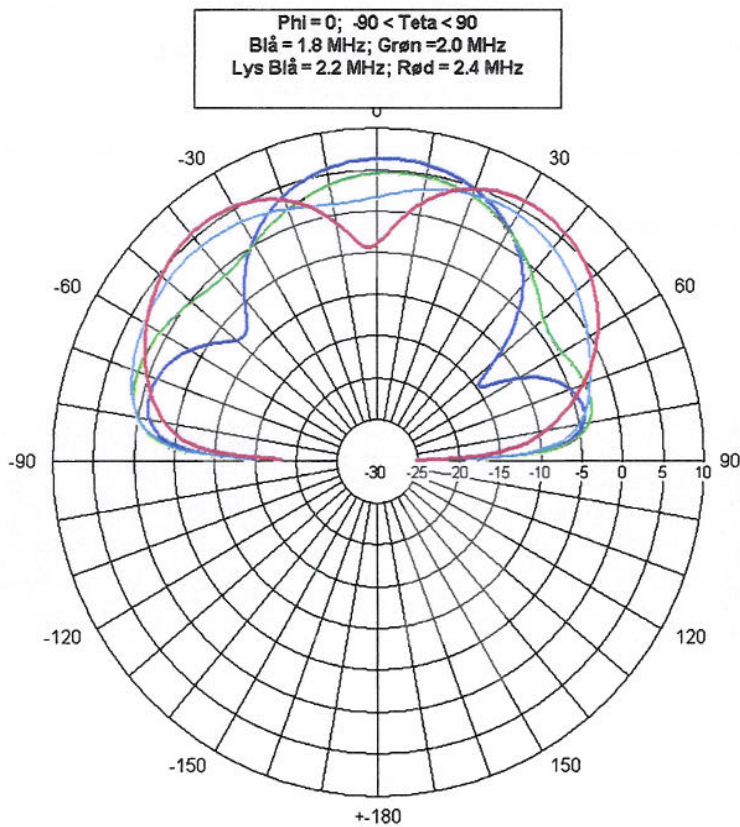


Figur 3.4 Tap i antennen som skyldes misstilpasning

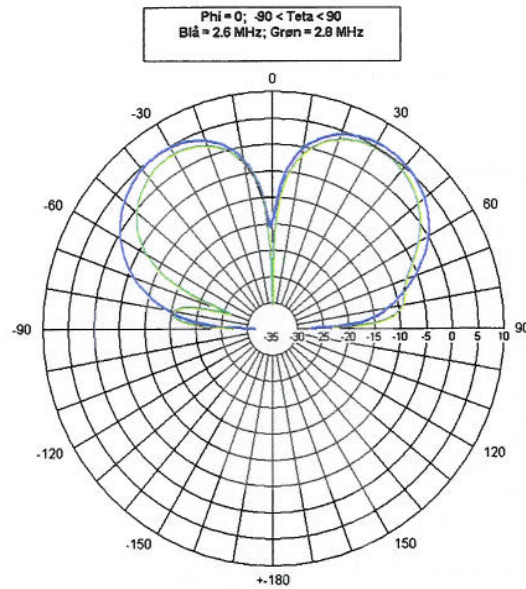
### 3.1 Antennens strålingsdiagrammer for forskjellige frekvenser



Figur 3.5 Antennediagrammer for 4 frekvenser fra 1 MHz til 1.6 MHz i et loddrett plan gjennom antennens lengdeakse gitt i dBi



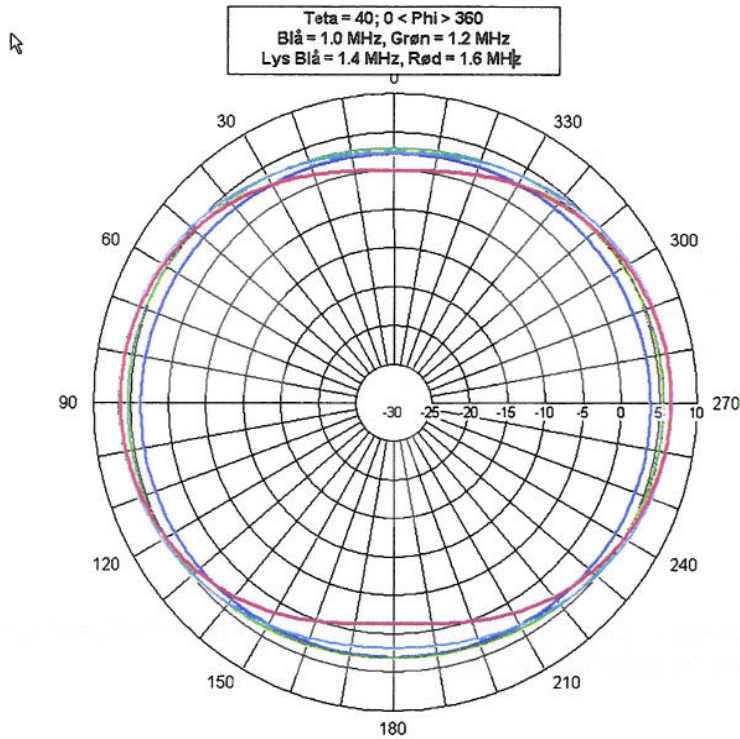
Figur 3.6 Antennediagrammer for 4 frekvenser fra 1.8 MHz til 2.4 MHz i et loddrett plan gjennom antennens lengdeakse gitt i dBi



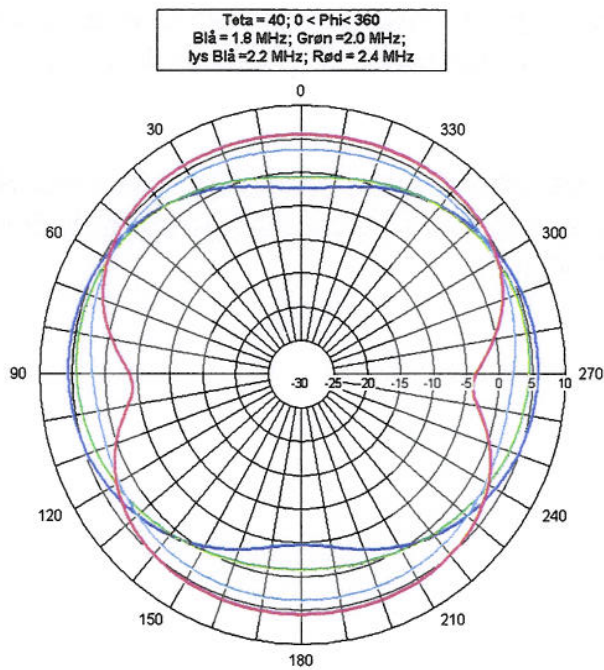
Figur 3.7 Antennediagrammer for 2.6 MHz og 2.8 MHz i et loddrett plan gjennom antennens lengdeakse gitt i dBi

Figurene 3.5, 3.6 og 3.7 viser vertikalprojeksjonen av antennens strålingsdiagrammer for noen utvalgte frekvenser. Siden antennen har en lang, 100 m, horisontal del vil maksimal stråling være rett oppover som vist i figur 3.5 inntil frekvensen øker slik at høyden over bakken er mer enn  $\frac{1}{4}$  bølgelengde. Siden høyden er 30 m vil dette inntreffe ved ca 2.4 MHz. Figur 3.6, den røde kurven, illustrerer dette. Figur 3.7 viser diagrammene for de to høyeste frekvensene, disse begynner å ligne på ønsket form. Skjevheten i diagrammene skyldes den 30 m lange loddrette delen av antennen.

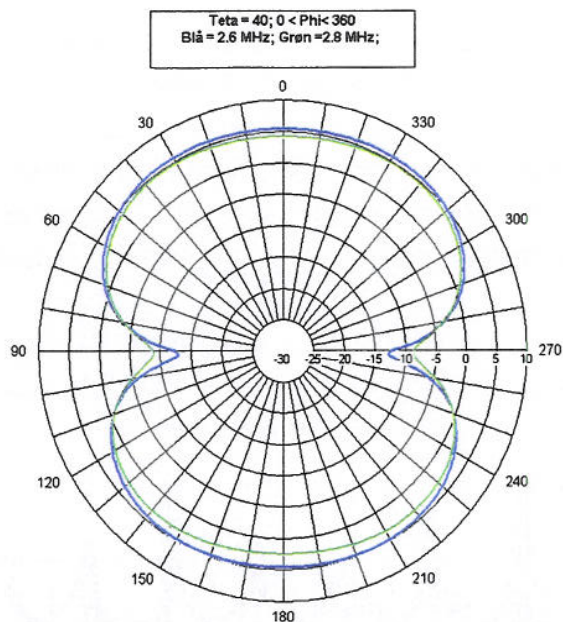
Figurene 3.8, 3.9 og 3.10 viser antennediagrammene  $30^\circ$  fra senit ( eller  $60^\circ$  fra horisontalplanet) der antennens forsterkning synes å være ca. maksimum for de fleste frekvenser, asimutvinkelen variert fra  $0^\circ$  til  $360^\circ$  grader.



Figur 3.8 Antennediagrammer for elevasjonsvinkel 60°, asimut 0°-360° gitt i dBi



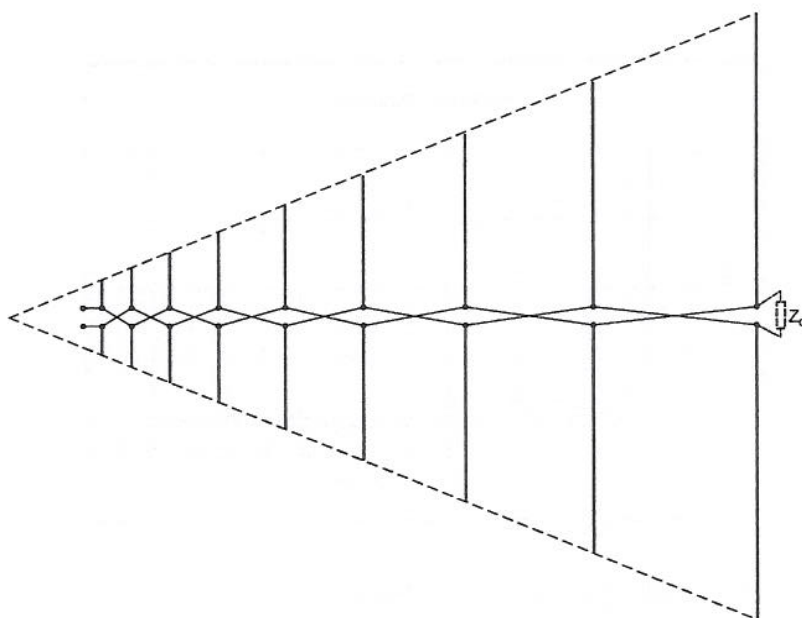
Figur 3.9 Antennediagrammer for elevasjonsvinkel 60°, asimut 0°-360° gitt i dBi



Figur 3.10 Antennediagrammer for elevasjonsvinkel  $60^\circ$ , asimut  $0^\circ$ - $360^\circ$

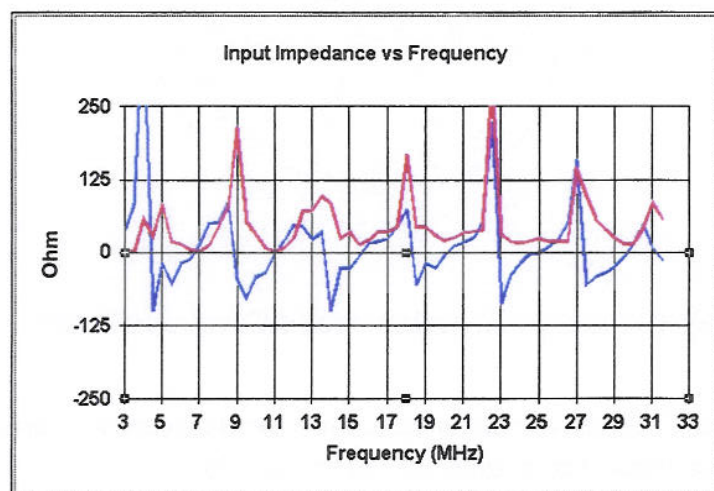
Som figurene 3.8, 3.9 og 3.10 viser er antennen omtrent omnidireksjonal, unntatt for de høyeste frekvenser der en har en "dipp" i diagrammene ved  $90^\circ$  og  $270^\circ$ .

#### 4 MOTTAKERANTENNE FOR FREKVENSBÅNDET 2.75 MHz TIL 30 MHz

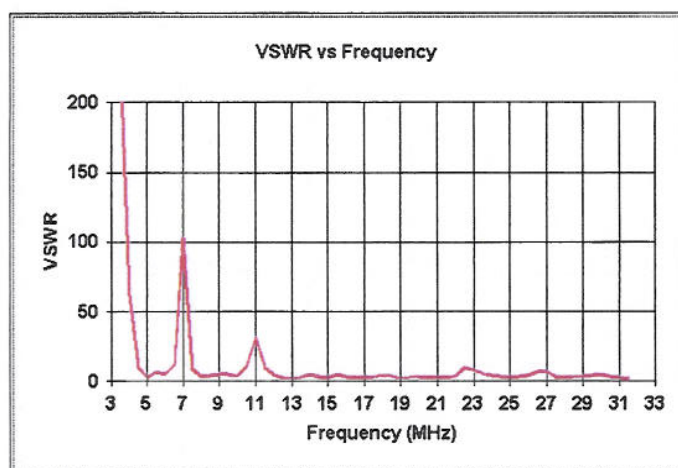


Figur 4.1 Logperiodisk antenne, plassert 32 m over bakken

Flere typer logperiodiske fastmonterte antenner er simulert. Dette konseptet ble forlatt da en trenger en antennepark med minimum 5 antenner for å dekke 360° i asimut. Dette blir dyrt og krever stor plass. En vil derfor anbefale en roterende antenne på en 32 m høy mast. Denne antennen er simulert ved hjelp av antennedelen til programmet ICEPAC. For impedansberegninger er "NEC-Win Professional benyttet". Samson Flamsteed projeksjonen (se Appendiks) er benyttet i antennediagrammene da den gir mer konsentrert informasjon enn de vanlige projeksjonene.

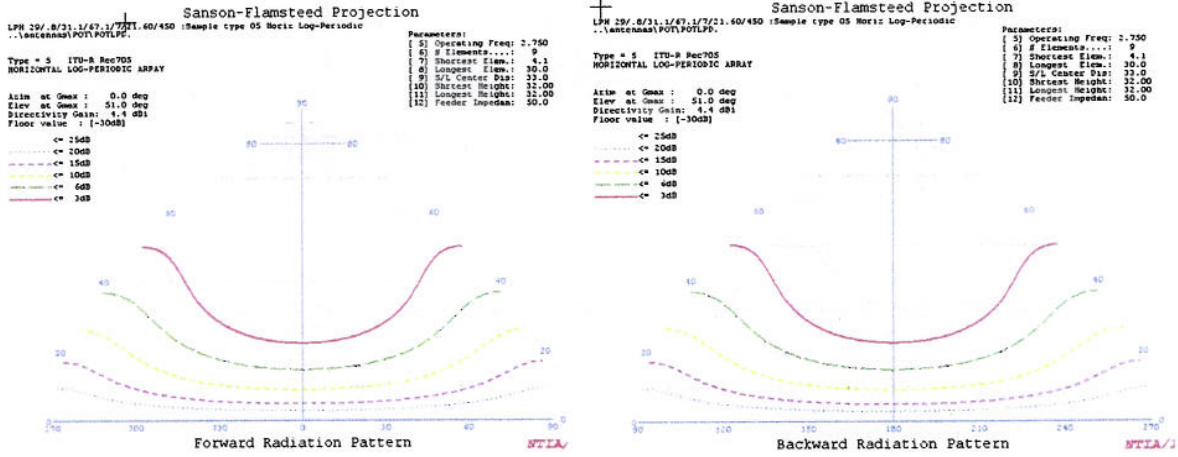


Figur 4.2 Antennens inngangsimpedans over frekvensområdet. Realdel blå, imaginærdel rød

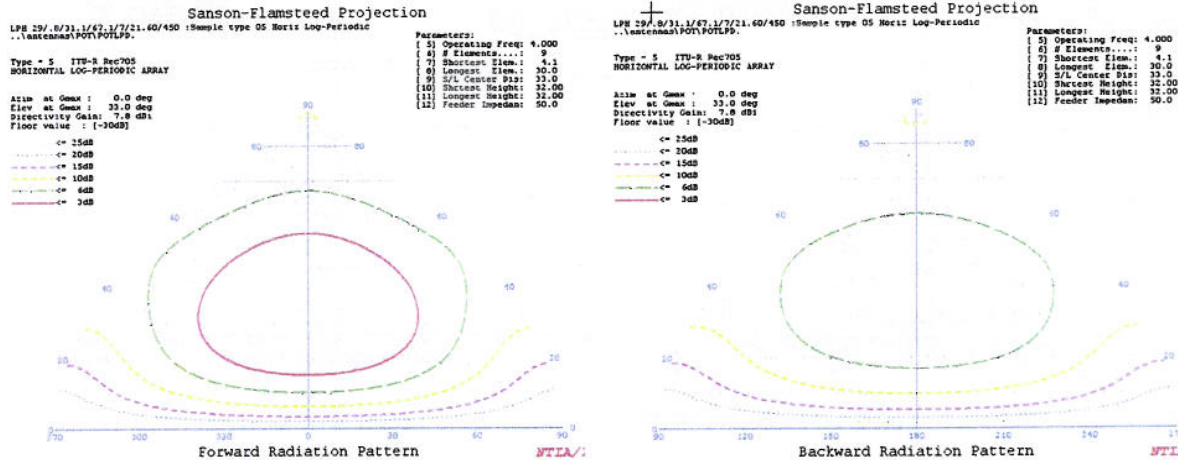


Figur 4.3 Antennens standbølgeforhold over frekvensområdet

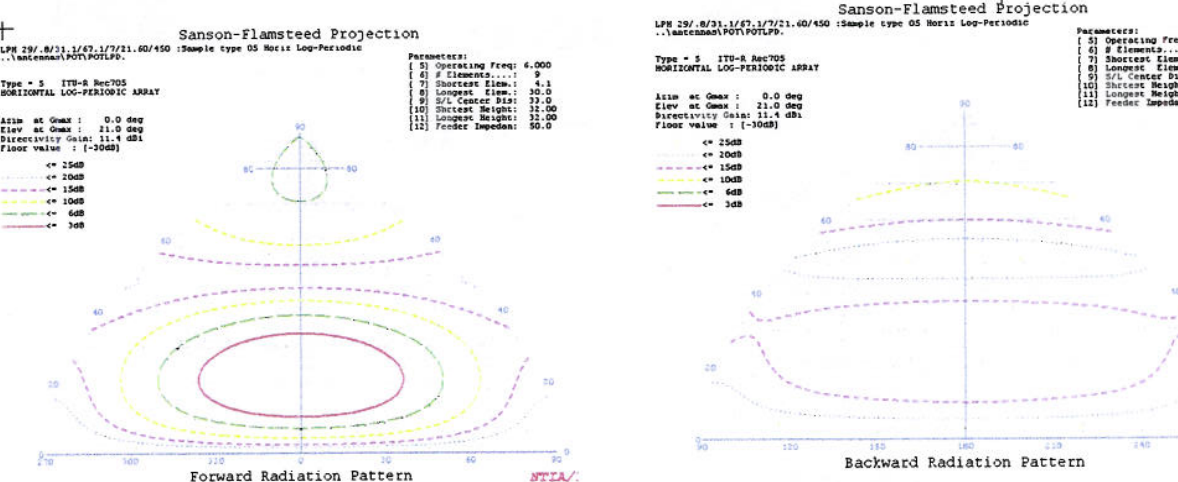
### 4.1 Antennens strålingsdiagrammer for forskjellige frekvenser



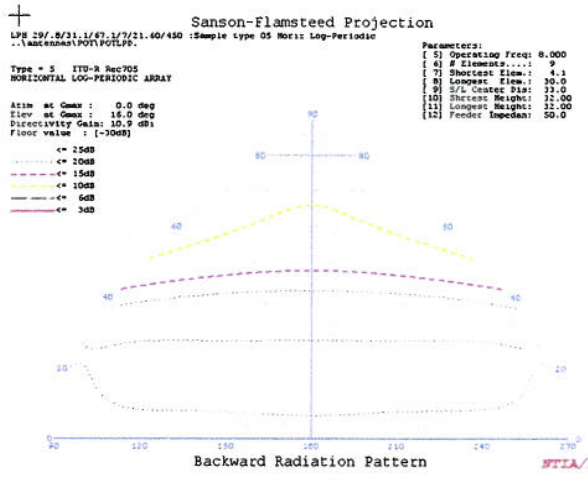
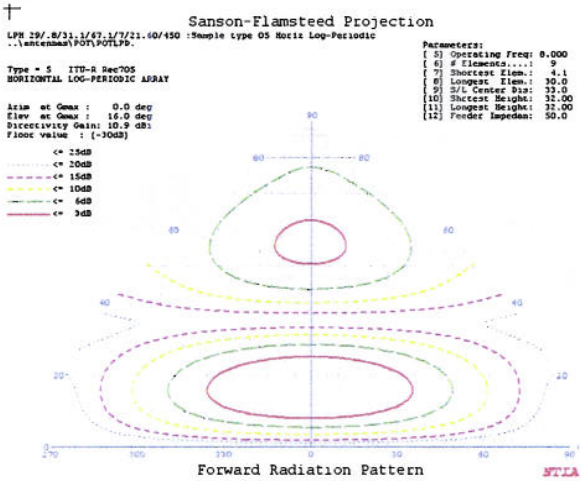
Figur 4.4 Antennediagrammer for 2.75 MHz



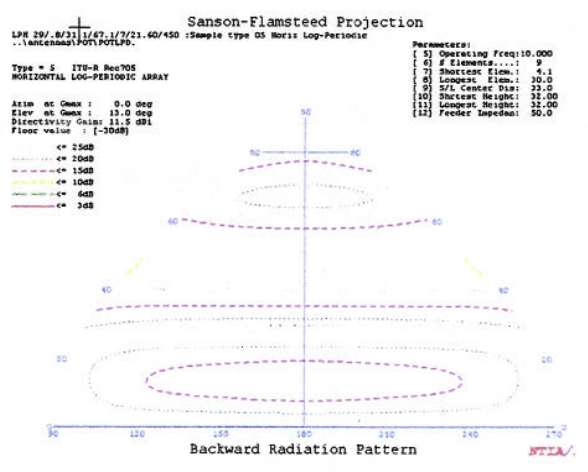
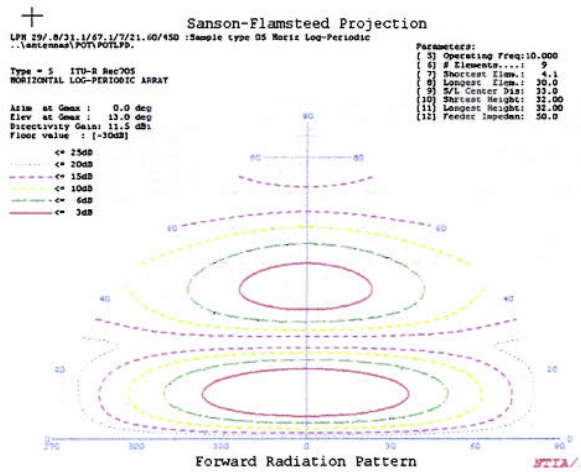
Figur 4.5 Antennediagrammer for 4 Hz



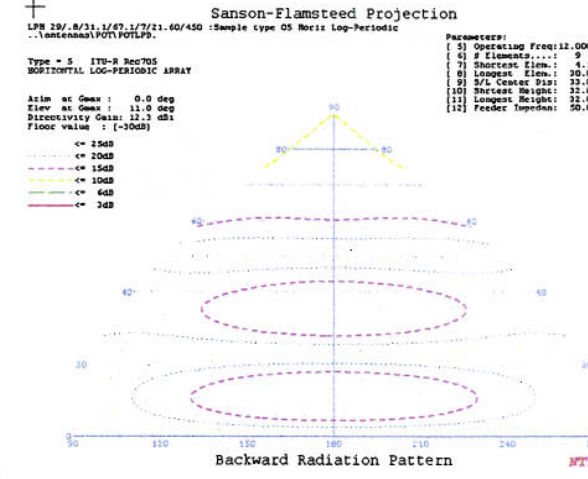
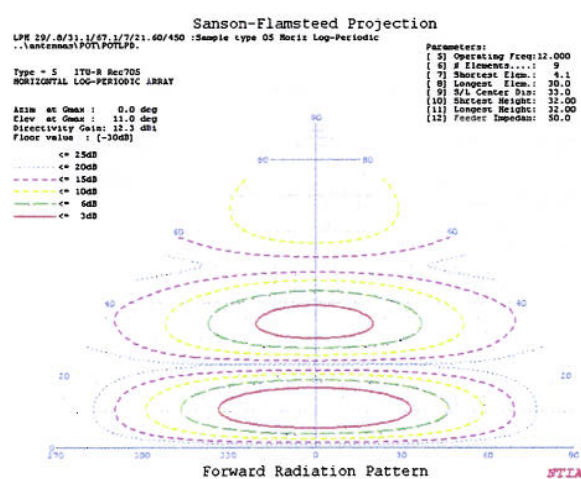
Figur 4.6 Antennediagrammer for 6 MHz



Figur 4.7 Antennediagrammer for 8 MHz

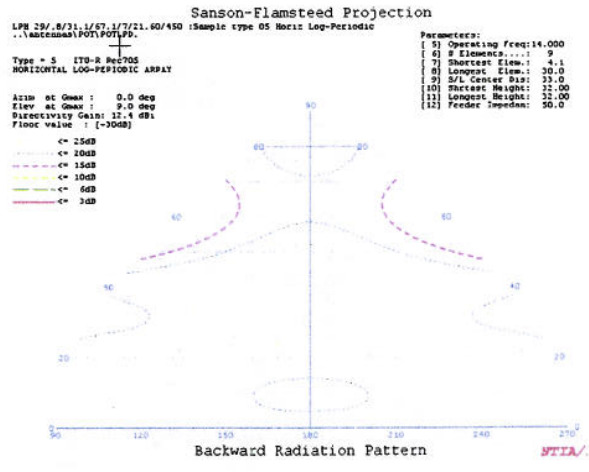
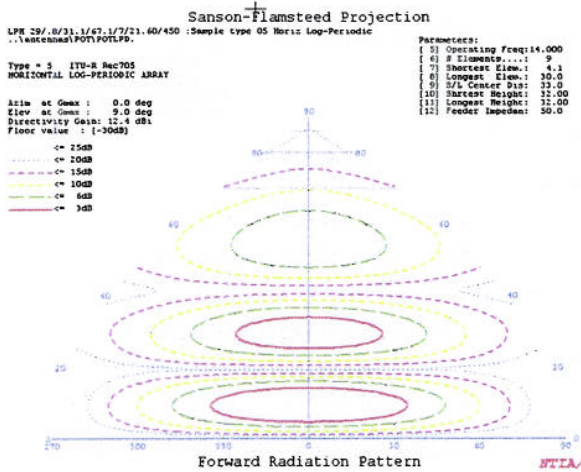


Figur 4.8 Antennediagrammer for 10 MHz

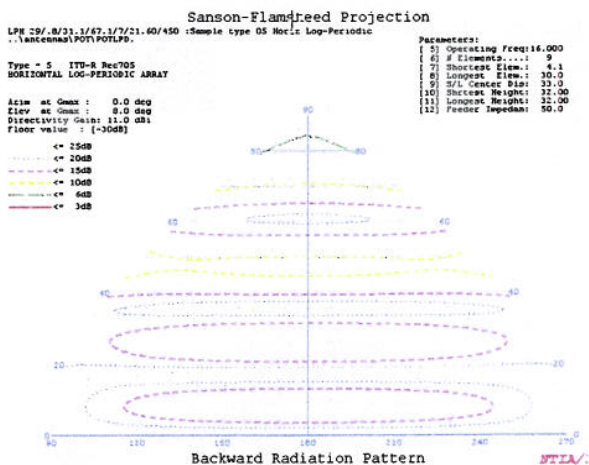
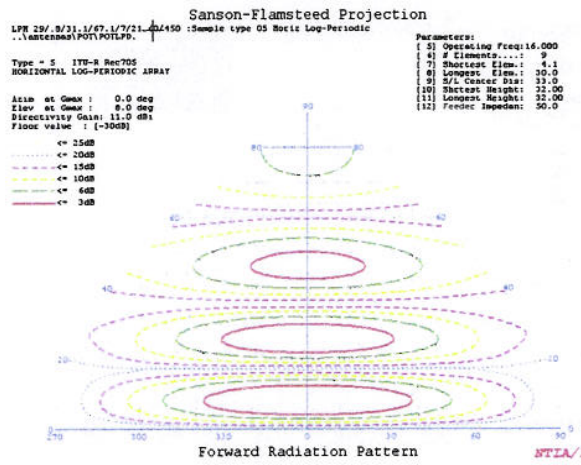


Figur 4.9 Antennediagrammer for 12 MHz

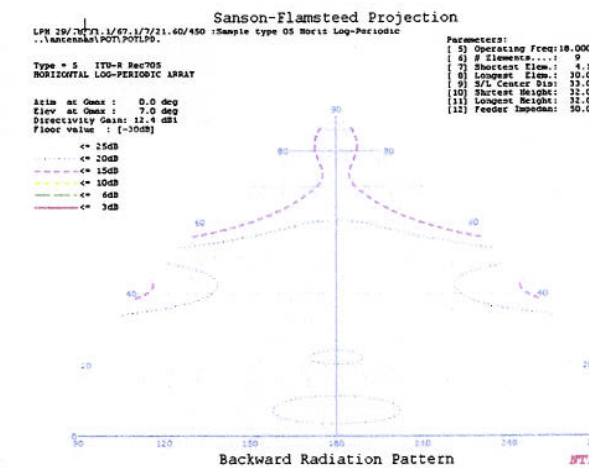
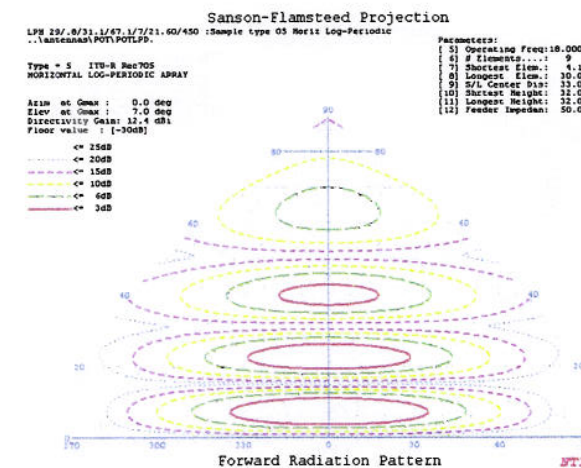




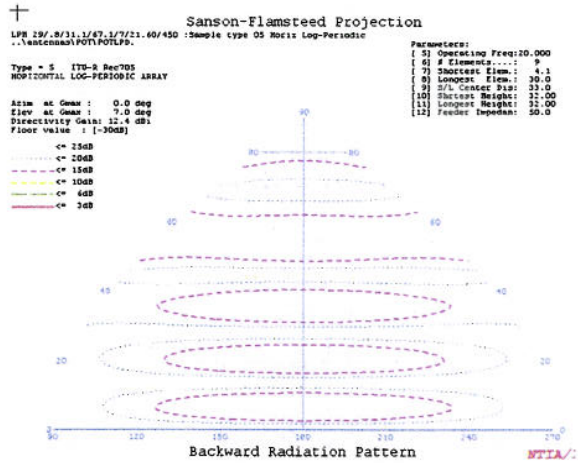
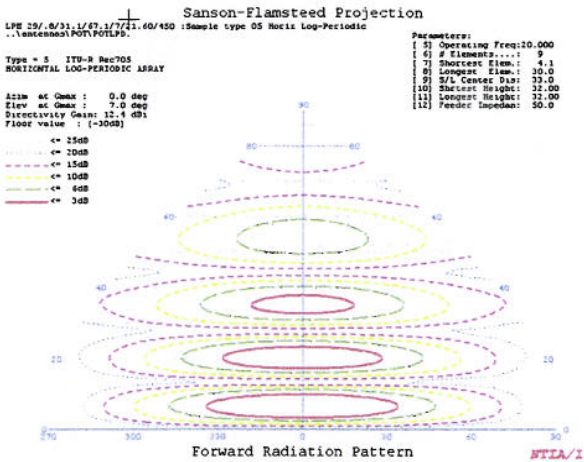
Figur 4.10 Antennediagrammer for 14 MHz



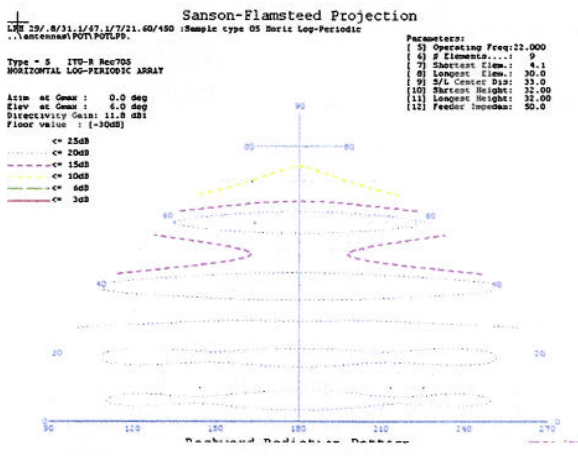
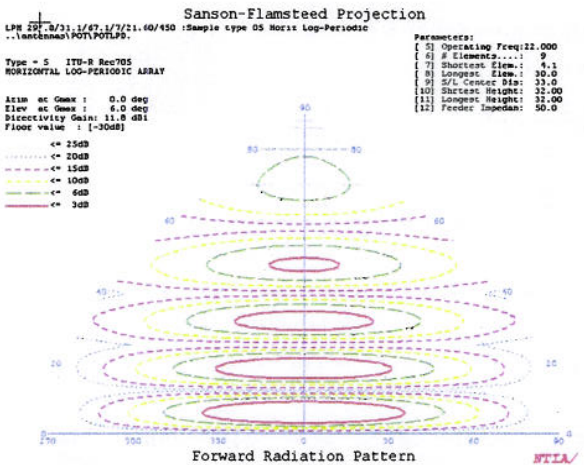
Figur 4.11 Antennediagrammer for 16 MHz



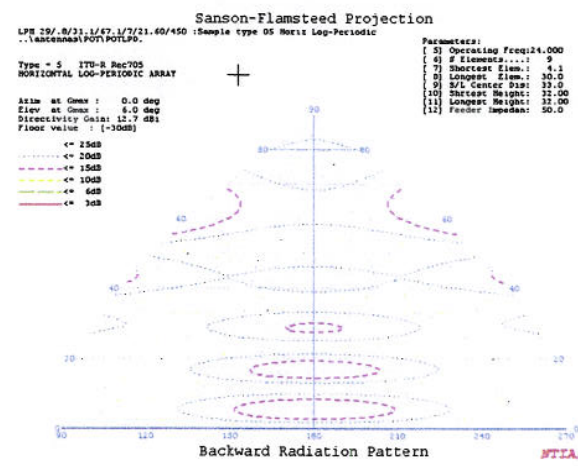
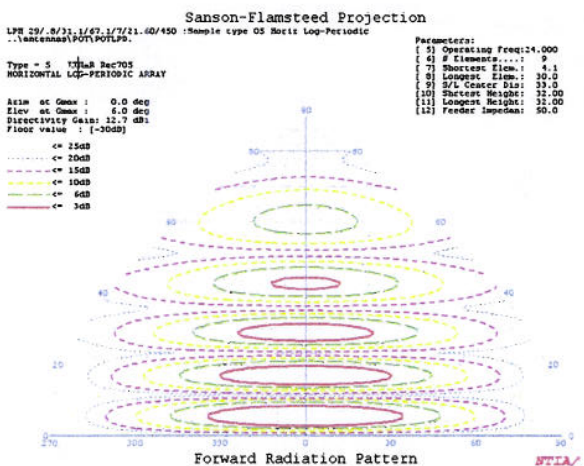
Figur 4.12 Antennediagrammer for 18 MHz



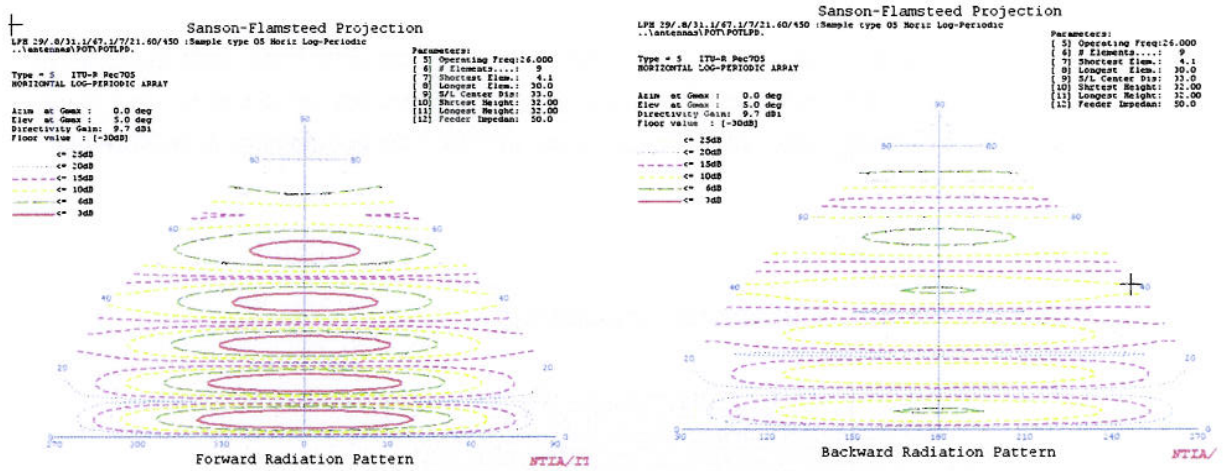
Figur 4.13 Antennediagrammer for 20 MHz



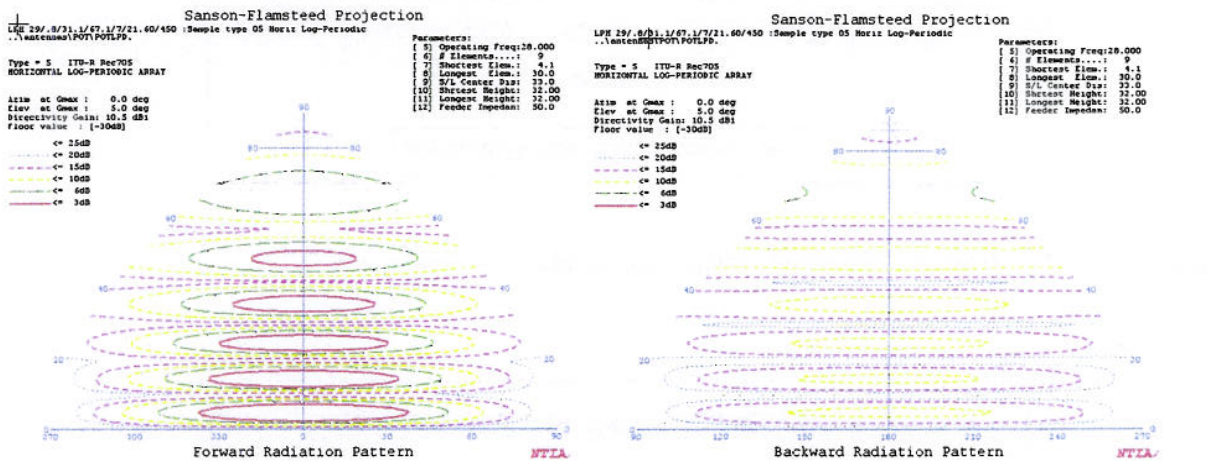
Figur 4.14 Antennediagrammer for 22 MHz



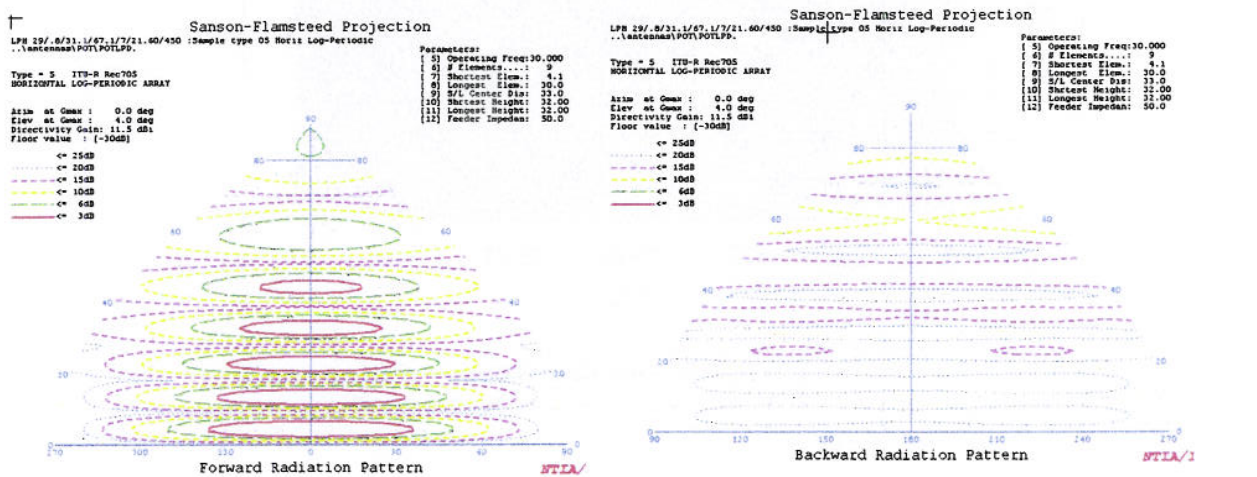
Figur 4.15 Antennediagrammer for 24 MHz



Figur 4.16 Antennediagrammer for 26 MHz

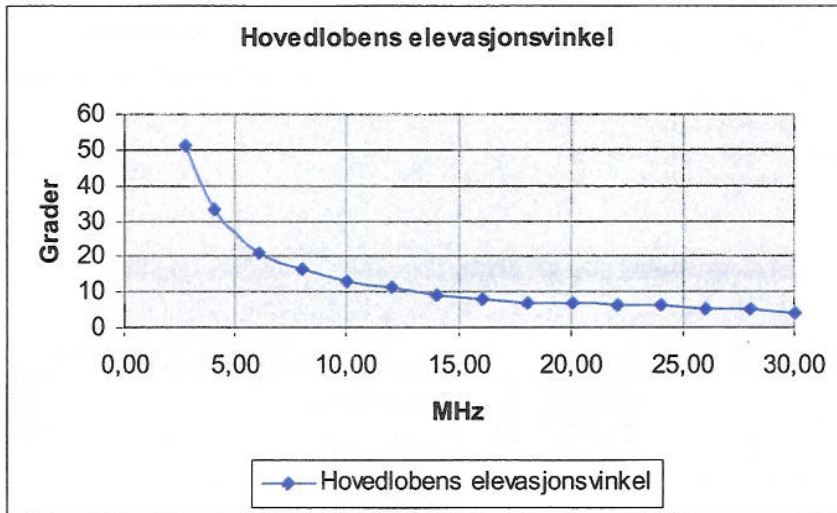


Figur 4.17 Antennediagrammer for 28 MHz

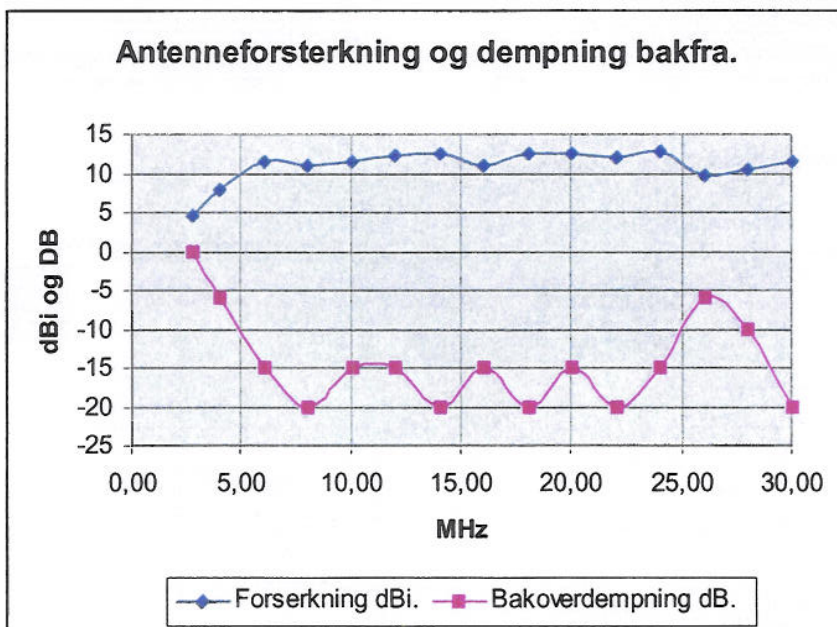


Figur 4.18 Antennediagrammer for 30 MHz

Som en ser av antennediagrammene ovenfor får antennen flere lober etter hvert som frekvensen øker. Hovedloben er den med lavest elevasjonsvinkel. Elevasjonsvinkel for denne er vist i figur 4.19. Hovedlobens forsterkning i dBi samt dempningen uttrykt i dB for signaler som kommer inn bakfra er vist i figur 4.20.



Figur 4.19 Hovedlobens elevasjonsvinkel som funksjon av frekvens



Figur 4.20 Antennens forsterkning og bakoverdempning som funksjon av frekvens  
Bakoverdempning er gitt i db i forhold til forsterkningen

## 5 KONKLUSJON

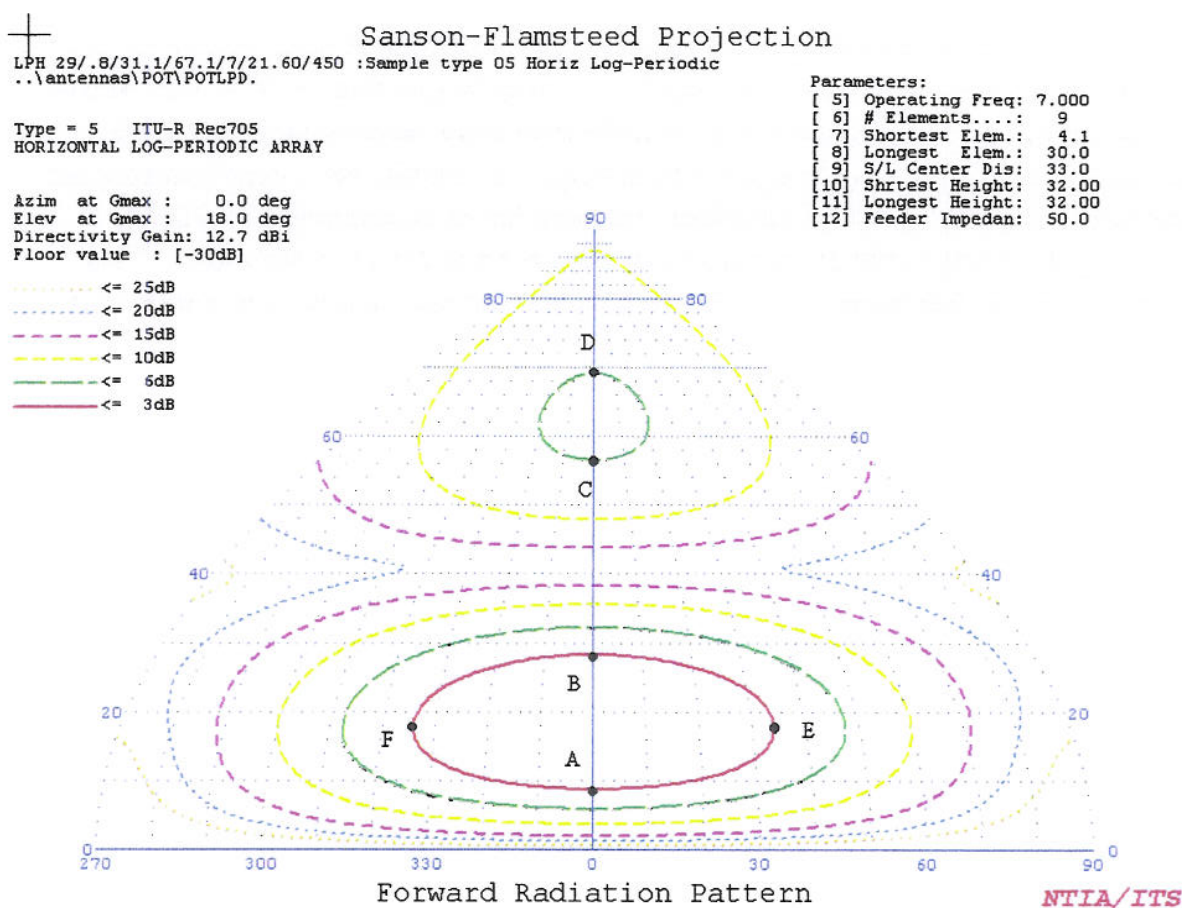
Mottakerstasjonen kan etableres ved hjelp av to mottakerantenner, en omvendt L antenne som dekker frekvensområdet 1 MHz til ca 3 Mhz og en roterbar logperiodisk antenne som dekker frekvensområdet 2.75 MHz til 30 MHz. Den omvendte L antennen er spent ut mellom to 30 m høye master 100 m fra hverandre, den loddrette delen går langs den ene masten. Matepunktet er under simuleringene plassert  $\frac{1}{4}$  meter fra bakken. Det er nødvendig med et godt jordnett, 12 stykker 35 m lange radielle ledere er benyttet under simuleringen. Antennen er omtrent rundstrålende og har maksimum forsterkning mot senit for de laveste frekvenser siden antennen bølgelengdemessig er mindre enn  $\frac{1}{4}$  bølgelengde over bakken.

Den dreibare logperiodiske antennen kan benyttes fra 2.75 MHz til 30 MHz. Den er montert i toppen av en 32 m høy mast, antennens lengde er 33 m og lengste element 30 m. Den demper støy som kommer inn bakfra, noe som er en fordel hvis lokale støykilder som et tettsted (Kløfta), motorvei, eller jernbane ligger i den retningen. En bør tilstrebe å legge lyttestasjonen lengst mulig vekk fra slike lokale støykilder. Antennen har en forsterkning på ca 10 dB i antennens pekeretning og elevasjonsvinkel som varierer fra ca 25° ved 5 MHz til ca 5° ved 30 MHz. For lavere frekvenser enn 5 MHz synker forsterkningen og elevasjonsvinklen øker.

## APPENDIKS

### A SAMSON-FLAMSTEED PROJEKSJONEN

Samson-Flamsteed projeksjonen blir benyttet i rapporten da den gir mer informasjon om antennerens strålingsdiagrammer enn de vanlige vertikale og horisontale diagrammene. En kort forklaring blir gitt nedenfor.



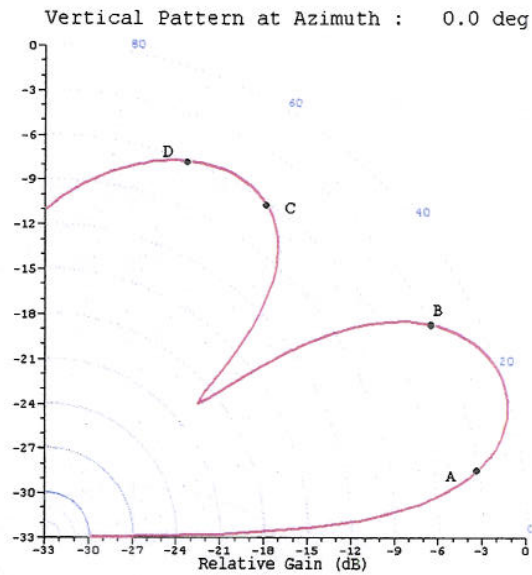
Figur A.1 Forward Samson – Flamsteed projeksjon av en antennes strålingsdiagram.  
Kurvene angir demping i forhold til "directivity gain" (12.7 dBi)

Strålingsdiagrammet i figur A.1 gir informasjon om strålingen i en sektor fra  $\pm 90^\circ$  horisontalt til  $90^\circ$  vertikalt. Vertikaldiagrammet i figur A.2 gir bare informasjon om strålingen i et plan gjennom  $0^\circ$ . Punktene A og B i figur A.1 er de samme som A og B i figur A.2. Likeledes punktene C og D. Punktene E og F finner en igjen i figur A.3. For å få tilsvarende informasjon som i figur A.1 måtte et stort antall azimuth diagrammer fremstilles.

LPH 29/.8/31.1/67.1/7/21.60/450 :Sample type 05 Horiz Log-Periodic  
 ..\antennas\PORT\POTLPB.  
 Type = 5 ITU-R Rec705  
 HORIZONTAL LOG-PERIODIC ARRAY

Azim at Gmax : 0.0 deg  
 Elev at Gmax : 18.0 deg  
 Directivity Gain: 12.7 dBi  
 Floor value : [-30dB]

Parameters:  
 [ 3] Dielectric....: 13  
 [ 4] Conductivity...:0.00600  
 [ 5] Operating Freq: 7.000  
 [ 6] # Elements....: 9  
 [ 7] Shortest Elem.: 4.1  
 [ 8] Longest Elem.: 30.0  
 [ 9] S/L Center Dis: 33.0  
 [10] Shortest Height: 32.00  
 [11] Longest Height: 32.00  
 [12] Feeder Impedan: 50.0

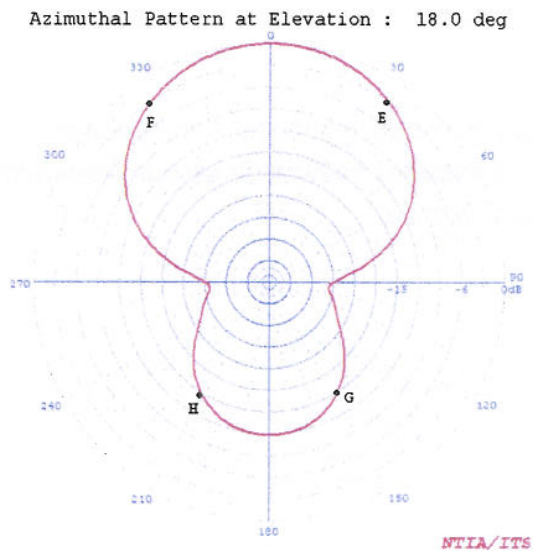


Figur A.2 Vertikalt strålingsdiagram for samme antenne som i figur A.1

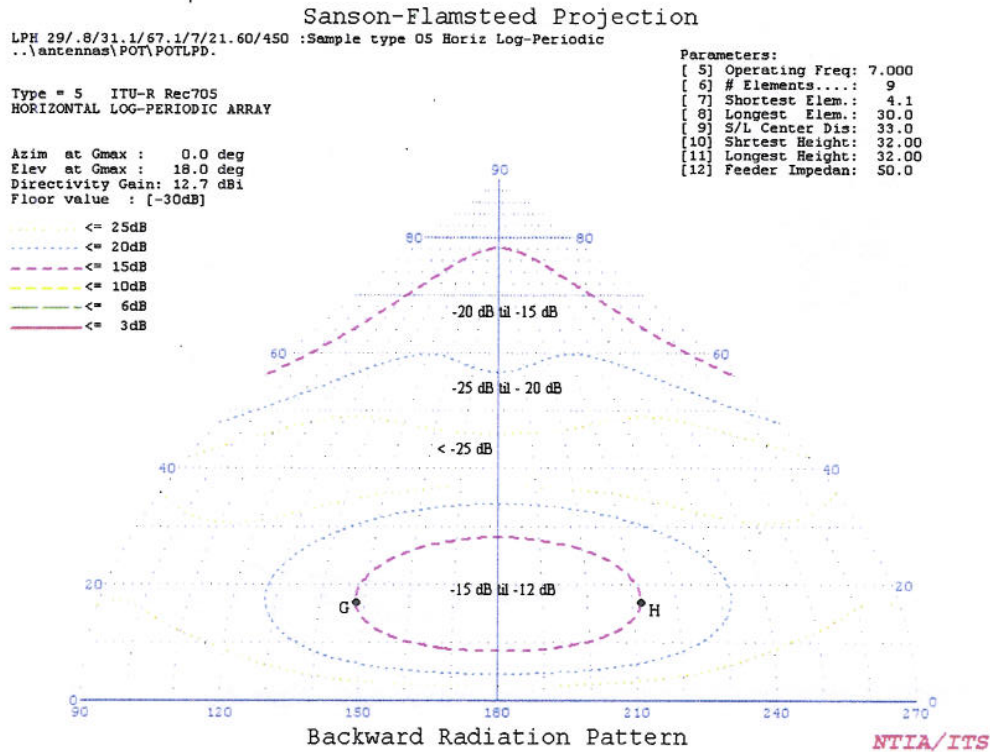
LPH 29/.8/31.1/67.1/7/21.60/450 :Sample type 05 Horiz Log-Periodic  
 ..\antennas\PORT\POTLPB.  
 Type = 5 ITU-R Rec705  
 HORIZONTAL LOG-PERIODIC ARRAY

Azim at Gmax : 0.0 deg  
 Elev at Gmax : 18.0 deg  
 Directivity Gain: 12.7 dBi  
 Floor value : [-30dB]

Parameters:  
 [ 3] Dielectric....: 13  
 [ 4] Conductivity...:0.00600  
 [ 5] Operating Freq: 7.000  
 [ 6] # Elements....: 9  
 [ 7] Shortest Elem.: 4.1  
 [ 8] Longest Elem.: 30.0  
 [ 9] S/L Center Dis: 33.0  
 [10] Shortest Height: 32.00  
 [11] Longest Height: 32.00  
 [12] Feeder Impedan: 50.0



Figur A.3 Azimut projeksjon i planet med maksimum utstråling



Figur A.4 Antennens utstråling bakover. Kurvene angir demping i forhold til "directivity gain" (12.7 dBi)

Antennens utstråling bakover er vist i figur A.4. Punktene G og H tilsvarer de samme vist i figur A.3. Demping i forhold til maksimum antenneforsterkning (12.7 dBi) er notert i de forskjellige områdene i figuren.