

Coefficienti di portata delle stazioni radio

STELIO SILLENI

1. - GENERALITÀ.

La portata delle stazioni radio campali dipende da diversi fattori (*). La determinazione di questi fattori è ancora piuttosto incerta, e quindi la valutazione analitica della portata presenta incertezze tanto grandi da renderla scarsamente utile (6).

Molte volte però si dispone di dati dell'esperienza. In questo caso si tratta di valutare l'effetto della variazione di un solo fattore, o di alcuni di essi. Il risultato che si ottiene è allora abbastanza attendibile per le applicazioni pratiche come il progetto speditivo di reti di trasmissione campali.

Nel corso di operazioni militari che si svolgono in ambiente noto — e in particolare nell'ambito del territorio nazionale — ci si trova in queste condizioni. Rimangono allora costanti tutti i parametri, ad eccezione della natura e della forma del terreno.

Nei collegamenti radio effettuati servendosi di frequenze minori di una ventina di MHz (onde superiori ai 15 m di lunghezza) su distanze fino ad alcune decine di km si utilizza di solito la propagazione per *onda di superficie*. In questo modo di propagazione l'influenza della natura e della forma

(*) Un parametro importante ma spesso negletto è l'*affidamento* del collegamento, cioè la percentuale del tempo in cui il collegamento viene effettuato con qualità sufficiente per lo scopo da raggiungere. Si supponga p. e. un peggioramento della propagazione: Esso può essere interpretato come una diminuzione di portata a pari affidamento e qualità, oppure come una riduzione di affidamento ad uguale portata e qualità; o talvolta come una diminuzione di qualità con affidamento e portata costanti. Dal punto di vista operativo è la prima interpretazione che appare corretta. Il presente studio è condotto secondo questa interpretazione.

del terreno è preminente nel determinare la portata.

In altri casi si è in possesso di tabelle di portata calcolate da un Ufficio centrale per diverse condizioni (p. e. tab. I) (10) ed in base a terreno cattivo conduttore.

È conveniente disporre, anche in questo caso, di mezzi rapidi per prevedere la portata sul terreno sul quale si deve operare.

In questo studio presento carte e diagrammi utili nei casi menzionati, per prevedere l'effetto della variazione della natura del terreno sulla portata delle stazioni radio.

Per completezza, ricorderò che l'influenza della forma del terreno è stata trattata da tempo, e può essere valutata consultando il TM - 11 - 486 (11).

2. - NATURA DEL TERRENO E SUO EFFETTO.

Per tener conto della natura del terreno è necessario:

— individuare la natura del terreno su cui si debbono progettare i collegamenti, ed eventualmente quella del terreno su cui si è fatta la precedente esperienza;

— calcolare i coefficienti di variazione della portata da un terreno all'altro.

La natura del terreno viene designata, dal punto di vista radioelettrico, mediante due parametri che sono la *conducibilità* o *conduttività elettrica* e la *permittività* o *costante dielettrica*. La conducibilità può essere espressa in *milli Siemens/metro*.

Un numero puro, uguale al rapporto tra la permittività del terreno e quella del vuoto esprime la *permittività relativa*. Alle frequenze che qui interessano può essere sufficiente la conoscenza della sola conducibilità (cfr. Appendice I).

Tabella I. — PORTATA IN KM DELL'ONDA DI SUPERFICIE IN ITALIA, VALUTATA PER IL MESE DI SETTEMBRE 1956. TERRENO CATTIVO CONDUTTORE. AFFIDAMENTO 90%.

Antenna	Frequenza MHz	Radiotelefonìa								Radiotelegrafia manuale							
		Giorno				Notte				Giorno				Notte			
		Potenza in Watt								Potenza in Watt							
		10	25	100	400	10	25	100	400	10	25	100	400	10	25	100	400
Stilo da m 4.50	1,5	43	51	69	9	4,8	6,4	10	12	10	118	150	193	14,5	18	24	34
	2	35	43	60	80	4,4	5,6	8	12	88	104	145	17	12	15	21	30
	3	29	35	48	66	4,8	6,4	10	13	70	85	111	145	14	18	24	34
	4	22	27	37	51	5,6	7,3	10	14	54	66	87	114	15	19	25	35
	5	17	21	27	38	5,6	7,3	10,5	14	43	51	68	90	14	18	26	35
	7	11	14	19	27	6,4	8	12	16	29	35	48	66	18	22	30	42
	10	8,8	11	15	21	6,4	8	11	16	22	28	38	51	17	21	29	40
	12	8	10	14	21	7	8,8	12	18	22	27	37	48	18	22	32	42
	15	10	12	16	22	8	10	14	19	24	30	40	53	21	26	35	48
	20	14	18	24	32	12	14	21	29	33	42	55	70	27	37	48	62
Loreciata da m 7.5 + 7.5	1,5	56	68	92	120	8	10	13	18	127	151	193	236	19	24	33	45
	2	50	61	84	120	7,3	8,8	12	16	116	140	176	216	18	22	30	42
	3	43	53	72	96	8	10	14	21	106	122	154	176	22	27	37	50
	4	33	42	56	76	8,8	11	15	21	82	96	140	156	24	29	38	53
	5	24	30	42	56	8	10	14	21	58	72	93	119	22	27	37	50
	7	14	19	27	37	8,8	11	16	22	40	48	64	83	25	30	40	54
	10	11	14	19	27	8	10	14	21	29	35	46	61	22	27	37	50
	12	4,3	4,8	7,2	10	3,2	4	5,6	8	11	12	18	24	8,8	11	15	21
	15	7,3	8,8	12	18	6,4	8	11	14	18	22	32	43	18	21	29	38
	20	18	22	30	40	14	19	25	35	43	51	66	82	38	45	58	74

Per l'Italia una carta della conducibilità del terreno è stata calcolata in base a misure di campo elettromagnetico effettuate dalla Radio Italiana (4).

I coefficienti di portata, in funzione della conducibilità del terreno, sono dati nel diagramma della fig. 1. In ascisse sono

3. - CARTE DEI COEFFICIENTI DI PORTATA.

A prezzo di una minore precisione, è possibile tracciare una carta sulla quale si leggono direttamente, in corrispondenza alle zone che interessano, i coefficienti di portata. Le figure 2, 3 e 4 presentano, per

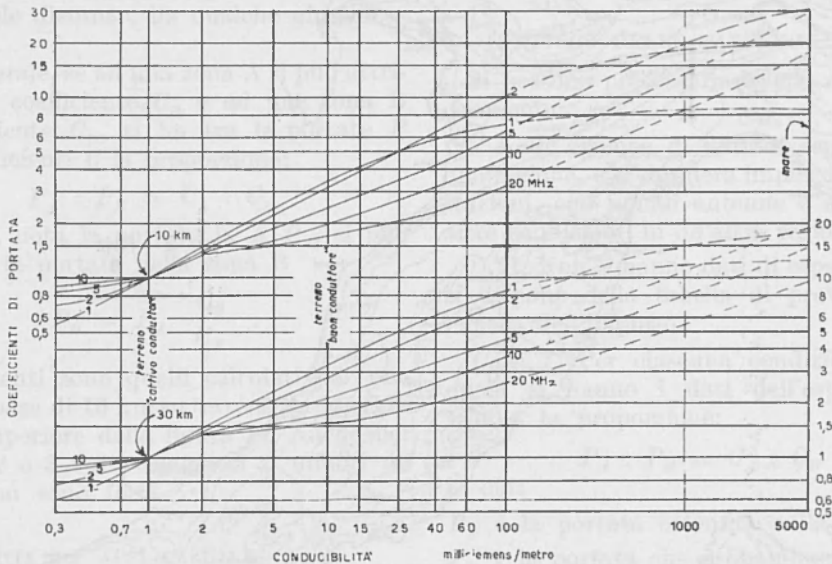


Fig. 1. - Coefficienti di portata su onda di superficie per diverse conducibilità del terreno. Le curve superiori si riferiscono ad una portata base di 10 km, quelle inferiori ad una portata base di 30 km, per terreno cattivo conduttore (1mS/m). Per le curve inferiori si leggano i coefficienti sulla scala di destra.

riportate le conducibilità e in ordinate i coefficienti di portata. Si hanno diagrammi diversi a seconda della frequenza, da 1 a 20 MHz. Inoltre nella parte superiore della figura si è assunta come base una portata di 10 km su terreno « cattivo conduttore » (conducibilità di 1 m S/m).

P. e. su terreno di conducibilità pari a 10 m S/m, alla frequenza di 10 MHz la portata risulta di 20 km, cioè 2 volte maggiore di quella assunta per base.

Nella parte inferiore della figura la portata base è stata assunta di 30 km. Il significato dei coefficienti è lo stesso; le variazioni di portata sono un poco meno grandi.

frequenze rispettivamente di 2, di 5 e di 10 MHz, i coefficienti di portata che competono alle diverse zone del territorio nazionale.

Il metodo di rappresentazione è quello delle curve di livello.

Se il percorso del collegamento avviene lungo una curva di livello o nell'intervallo tra due di esse la lettura è immediata. Osserviamo p. e. che a 5 MHz (fig. 3) la portata nella zona tra Parma e Modena è doppia di quella che si ha vicino a Torino ($= \frac{4}{2}$), ma è uguale a due terzi ($= \frac{2}{3}$) di quella che si ha nella zona del delta del Po.



Fig. 2. - Coefficienti di portata delle stazioni radio in Italia, per onda di superficie riferiti alla portata di 10 km su terreno cattivo conduttore. Frequenza di trasmissione 2 MHz.

Se il percorso del collegamento taglia più curve, un coefficiente medio è dato da:

$$C_w = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_i}{\frac{d_1}{C_1} + \frac{d_2}{C_2} + \dots + \frac{d_i}{C_i}}$$

in cui ai percorsi parziali $d_1 \dots d_i$ competono i coefficienti $C_1 \dots C_i$.

Questa relazione non è rigorosa; essa però, per piccole distanze, ha qualche giustificazione.

In generale, se ad una zona A si può attribuire un coefficiente C_A e ad una zona B il coefficiente C_B , si ha tra le portate P ed i coefficienti C la proporzione:

$$P_A : P_B = C_A : C_B$$

e quindi, nota la portata in A P_A , si può valutare la portata nella zona B

$$P_B = P_A \frac{C_B}{C_A}.$$

I coefficienti sono quelli calcolati per una portata base di 10 km su terreno da 1 m S/m (parte superiore della figura 1). Anche per portate 2 o 3 volte maggiori o minori gli errori non sono forti.

4. - LIMITI DI APPLICAZIONE.

Nell'impiego di queste carte e del diagramma è indispensabile ricordare che esse sono valide a parità di tutte le altre condizioni, come:

- antenne;
- stagione;
- affidamento e qualità di ricezione;
- tipo di trasmissione;
- frequenza;
- disturbi;
- personale;

e che esse sono valide per la propagazione di superficie, con esclusione dell'onda ionosferica.

Non si è tenuto conto dell'effetto della variazione della conducibilità del terreno d'impianto delle antenne; tale effetto, che appare secondario rispetto a quello della propagazione, dovrebbe agire nello stesso verso di questa, rendendo più ampia la variazione di portata quando il terreno di impianto è della stessa natura di quello che si trova fra le due stazioni.

Infine è necessario sottolineare che nelle carte i coefficienti sono stati calcolati come se la conducibilità del terreno non variasse tra 1 e 10 MHz, e con valori arbitrari della costante dielettrica. Misure della conducibilità e della costante dielettrica effettuate a frequenze fino a 20 MHz potrebbero dare risultati sensibilmente diversi (cfr. Appendice II).

5. - IMPIEGO DELLE TAVOLE.

Si possono presentare diversi casi, e precisamente:

I. Si dispone di dati di esperienza in una regione, e si desidera impiegare le stesse stazioni, con uguali antenne e a parità di altre condizioni, in un'altra regione.

II. Non si hanno dati di esperienza, ma si dispone della tabella di previsione per l'epoca dell'impiego.

Caso I. Per ciascuna condizione per la quale si hanno i dati dell'esperienza si risolve la proporzione:

$$P_A : P_B = C_A : C_B$$

in cui:

P_A è la portata ottenuta nella regione A
 P_B è la portata che probabilmente si avrà nella regione B

C_A è il coefficiente, letto sulla carta, relativo alla regione A

C_B è il coefficiente relativo alla regione B.

Esempio: Una stazione di piccola potenza ha consentito un buon collegamento, in movimento, fino a 30 km nella zona tra Parma e Modena, sulla frequenza di 5 MHz. Si desidera prevederne la portata nella zona di Torino. Per la prima zona (fig. 3) si legge un coefficiente uguale a 4; per la seconda un coefficiente uguale a 2. Si ha quindi:

$$C_A = 4$$

$$C_B = 2$$

$$P_A = 30 \text{ km}$$

e perciò

$$P_B = P_A \frac{C_B}{C_A} = 30 \frac{2}{4} = 15 \text{ km}$$

La portata prevedibile nella zona di Torino risulta di 15 km (a parità di ogni altra condizione).



Fig. 3. - Coefficienti di portata delle stazioni radio in Italia, per onda di superficie, riferiti alla portata di 10 km su terreno cattivo conduttore. Frequenza di trasmissione 5 MHz.

Caso II. Per ciascuna condizione di ingresso della tabella di portata (tab. 1), si ottiene la portata sul terreno che interessa moltiplicando la portata tabulare per il coefficiente di portata letto sulla carta.

Esempio: Si desidera prevedere la portata in telegrafia di una stazione da 10 watt con antenna a stilo alta m 4,50 nella zona di Vercelli. Dalla tabella di previsione (settembre 1956) si ha, su terreno tipo (cattivo conduttore) con 5 MHz, di notte, la portata di km 14.

Per la zona di Vercelli il coefficiente di portata è uguale a 4 (dalla figura 3). La portata risulterà quindi:

$$4 \times 14 \text{ km} = 56 \text{ km}$$

Rifacendo il calcolo per 2 e 10 MHz (consultando anche le figure 2 e 4), si ottengono i valori seguenti:

frequenza MHz	portata tabulare km	coefficiente di portata	portata probabile km
2	12	6	72
5	14	4	56
10	17	3	51

Da questo esempio si vede che su terreno buon conduttore può essere conveniente impiegare frequenze più basse anche quando le tabelle di previsione sarebbero a favore di frequenze situate verso l'estremo alto della gamma dell'apparato.

* * *

In ciascuno dei casi trattati è possibile che non si disponga di una mappa con i coefficienti di portata, ma che si conosca la conducibilità del terreno. In tal caso è necessario leggere sul diagramma fig. 1 i coefficienti di portata, in corrispondenza alla conducibilità del terreno. Riprendendo l'esempio del caso II: si trova nella figura 5 che intorno a Vercelli la conducibilità è di 40 mS/m. In corrispondenza a questa conducibilità si leggono sulla figura 1 (parte superiore) i coefficienti di portata:

a 1 MHz	$C = 5,8$
a 2 MHz	$C = 6,4$
a 5 MHz	$C = 4,2$
a 10 MHz	$C = 3,2$
a 20 MHz	$C = 2,3$

che in questo caso si conoscono con precisione maggiore, e per una gamma più ampia, di quanto trovato precedentemente.

APPENDICE I: METODO DI CALCOLO.

Le curve della figura 1 sono state determinate per punti nel modo seguente:

Per alcuni tipi di terreno sono dati i valori dell'intensità di campo prodotta da una forza cimomotrice di 300 volt a diverse distanze e per diverse frequenze. Questi valori si trovano p.e. sul TM-11-499⁽¹²⁾ riferiti a « terreno cattivo » con conducibilità di 1 mS/m; « terreno buono » con conducibilità di 10 mS/m; « mare » dalla conducibilità di 5000 mS/m. Il « terreno cattivo » è assunto a base di calcolo anche in altri documenti come la tabella I, e consente una portata quasi minima. Ho adottato perciò quale riferimento l'intensità di campo ottenuta a 10 km (con f.c.m. di 300 volt) su terreno da 1 mS/m, e cercato sugli altri terreni a quale distanza si ottiene una uguale intensità di campo.

Il rapporto tra la nuova distanza e quella di 10 km è il coefficiente di portata cercato. Per altri valori è necessario interpolare o (tra 0,3 e 1 mS/m) estrapolare. Nel seguito preciso come è stata eseguita l'interpolazione o l'estrapolazione.

I simboli adottati sono:

- A* attenuazione di Sommerfeld (fattore dell'intensità di campo)
- b* angolo di fase del terreno (definito dalla relazione [3])
- d* distanza a cui si ottiene l'intensità di campo minima necessaria (*metri*)
- E* intensità di campo (V/m)
- E_p intensità di campo su terreno piano (V/m)
- F* forza cimomotrice (V)
- f* frequenza - *in MHz*
- F_s fattore dell'intensità di campo per la diffrazione (definito dalla relazione [2])
- p* distanza numerica (definita dalla relazione [4])
- ϵ_r permittività relativa
- λ lunghezza d'onda *in metri*
- σ conducibilità - *in mS/m*



Fig. 4. - Coefficienti di portata delle stazioni radio in Italia, per onda di superficie, riferiti alla portata di 10 km su terreno cattivo conduttore. Frequenza di trasmissione 10 MHz.

L'intensità di campo è data, su terra piana, come è noto, da

$$E_s = \frac{F}{d} A . \quad [1]$$

Secondo Burrows (3) l'intensità di campo su terra sferica si ottiene moltiplicando quella su terra piana per un « *fattore d'ombra* » (o di *diffrazione*) F_s . Si ha quindi su terra sferica

$$E = \frac{F}{d} A F_s . \quad [2]$$

A sua volta A è funzione dell'angolo b e della « *distanza numerica* » p definiti da

$$\text{tang } b = \frac{(\epsilon_r + 1) f}{18 \sigma} \quad [3]$$

$$p = \frac{\pi f^2}{5,4} \frac{d}{\sigma} \cos b . \quad [4]$$

Nella determinazione dei coefficienti di portata, ho ricalcolato in ciascun caso i fattori della propagazione su terra piana, interpolando invece il fattore di diffrazione, a vista in coordinate logaritmiche.

Poichè la frequenza è assunta quale parametro, si semplificheranno le relazioni ponendo

$$k = \frac{\pi f^2}{5,4} \quad [5]$$

e quindi, dalle [4] e [5]

$$p = k \frac{d}{\sigma} \cos b . \quad [6]$$

Indichiamo ora con l'indice 1 le condizioni di riferimento, e con l'indice 2 le condizioni per le quali si vuole determinare il coefficiente di portata. Sono dati

$$d_1 \sigma_1 \epsilon_{r1}$$

e si calcolano direttamente

$$b_1 p_1 A_1 F_{s1}$$

Il campo deve essere uguale tanto sul terreno 1 quanto sul terreno 2

$$E_1 = E_2$$

cioè, sostituendo i valori dati nella [2]

$$\frac{F}{d_1} A_1 F_{s1} = \frac{F}{d_2} A_2 F_{s2}$$

e poichè F , a parità di potenza e di antenna, è la stessa, si ottiene

$$\frac{A_1 F_{s1}}{d_1} = \frac{A_2 F_{s2}}{d_2} \quad [7]$$

Si osservi ora che tanto A quanto F_s sono funzione di d ; e poichè ambedue sono esplicitate soltanto in forma grafica, risulta che in luogo di trovare direttamente d_2 dati ϵ_{r2} e σ_2 è più agevole risolvere il problema inverso: dare cioè d_2 e ricercare ϵ_{r2} e σ_2 .

A tal fine fissiamo quindi d_2 . Per interpolazione si troverà F_{s2} e dalla [7] si ricaverà A_2

$$A_2 = \frac{F_{s1}}{F_{s2}} \frac{d_2}{d_1} A_1 . \quad [8]$$

In corrispondenza ad A_2 , e per ogni valore di b , si leggerà un valore di p_2 , da cui ricavare σ_2 .

1ª soluzione

Una soluzione, di carattere generale, si ricava come segue.

Riprendiamo la [6], scritta per la condizione 2:

$$p_2 = k \frac{d_2}{\sigma_2} \cos b_2 . \quad [9]$$

Dalla [9] si ricava

$$\frac{\sigma_2}{\cos b_2} = k \frac{d_2}{p_2} . \quad [10]$$

È inoltre [3]

$$\text{tang } b_2 = \frac{(\epsilon_{r2} + 1) f}{18 \sigma_2} . \quad [11]$$

Si tien conto ancora dell'identità

$$1 + \text{tang}^2 b_2 = \frac{1}{\cos^2 b_2} . \quad [12]$$

Quadrando la [10] e sostituendo i valori dati dalle [11] e [12] si ricava

$$\sigma_2 = \sqrt{\left[k \frac{d_2}{p_2} \right]^2 - \left[\frac{(\epsilon_{r2} + 1) f}{18} \right]^2} \quad [13]$$

che può essere risolta con successive approssimazioni di b .

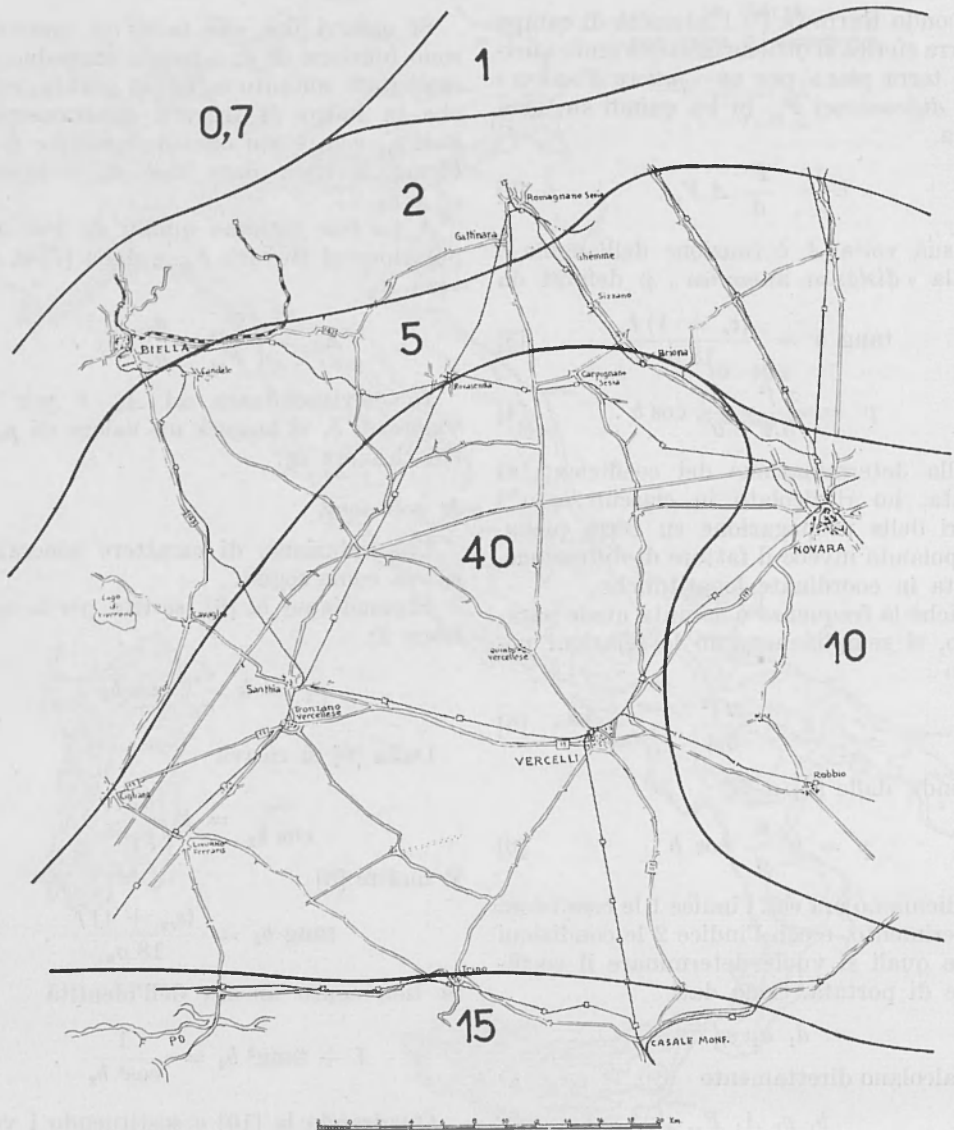


Fig. 5. - Rappresentazione a grande scala di una regione con l'indicazione della conducibilità del terreno espressa in mS/m. Con questa rappresentazione si eliminano numerosi errori di lettura inevitabili nella rappresentazione delle figg. 2, 3, 4.

2ª soluzione.

Quando p è grande (> 10) si ha

$$A \simeq \frac{1}{2p} \quad [14]$$

Se si può trascurare la curvatura terrestre, la [7] si riduce a

$$\frac{A_1}{d_1} = \frac{A_2}{d_2} \quad [15]$$

da cui, con le sostituzioni indicate dalle [6] e [14] si ottiene

$$\frac{\sigma_1}{2k d_1^2 \cos b_1} = \frac{\sigma_2}{2k d_2^2 \cos b_2}$$

e da questa si ricava:

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{\sigma_2 \cos b_1}{\sigma_1 \cos b_2}} \quad [16]$$

Questa soluzione è particolarmente utile quando b è piccolo, perchè allora

$$\cos b_1 \simeq \cos b_2 \simeq 1$$

e quindi

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{\sigma_2}{\sigma_1}} \quad [17]$$

3ª soluzione

Se b è grande si può approssimare

$$\cos b \simeq \frac{1}{\text{tang } b}$$

e quindi

$$\cos b = \frac{18 \sigma}{(\epsilon_r + 1) f} \quad [18]$$

Sostituendo questo valore di $\cos b$ nella [4] si ottiene

$$p = \frac{10 \pi d f}{3 (\epsilon_r + 1)} \quad [19]$$

Se anche p è grande (> 10) vale la [14], ed infine se la curvatura è trascurabile, la [7] diventa

$$\frac{\epsilon_{r1} + 1}{d_1^2} = \frac{\epsilon_{r2} + 1}{d_2^2} \quad [20]$$

da cui

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{\epsilon_{r2} + 1}{\epsilon_{r1} + 1}} \quad [21]$$

soluzione valida per alte frequenze e basse conducibilità (terreno capacitivo).

In ciascun caso è stata applicata la soluzione più appropriata, ottenendo il diagramma riportato in fig. 1.

APPENDICE II: VALORI ASSUNTI A BASE DEL CALCOLO.

Permittività.

Tanto nella figura 1 quanto nelle carte fig. 2-3-4 si introduce soltanto la *conducibilità* del terreno, mentre la *permittività* non appare presa in considerazione.

Alle frequenze più basse (1 ÷ 2 MHz) è di preminente importanza la *conducibilità*; la *permittività* è trascurabile (6) (7). Le curve, analoghe a quelle della fig. 1, che si ottengono per queste frequenze assegnando diversi valori della *permittività* risultano tanto vicine fra loro da renderne praticamente impossibile la riproduzione. A frequenze più elevate (5 ÷ 20 MHz) la *permittività* non è più trascurabile, specialmente per piccoli valori (minori di 2 mS/m) della *conducibilità*.

Questi due parametri sono però in relazione abbastanza stretta fra loro; la ragione di ciò si trova nel fatto che ambedue crescono con il contenuto d'acqua nel terreno (7). Nella tabella II sono riportati valori raccolti da diverse fonti (1) (4) (8) (12). Gli stessi dati sono riportati graficamente nella fig. 6, che mette in evidenza la correlazione cui ho accennato.

Appare perciò lecito avere assunto per il calcolo le coppie rappresentate dalla linea continua nella stessa fig. 6. Tale linea è spezzata perchè un'unica retta o una curva si adattano male ai punti compresi fra 1 e 10 mS/m. L'effetto della scelta di una spezzata di riscontra nei punti angolosi delle curve di fig. 1. Il fatto che l'angolosità comincia ad essere notevole a 5 MHz dimostra che, come detto dianzi, a questa frequenza si risente l'effetto della variazione di ϵ_r .

Tabella II. — VALORI DI ϵ_r E σ (millisiemens/metro)

	TM-11-499		Bremmer		Terman		Limiti dei valori misurati da Galligioni	
	ϵ_r	σ	ϵ_r	σ	ϵ_r	σ	ϵ	σ
mare	80	5000	80	4000	80	5000		
pascoli, colline basse, campagna . .	—	—	—	—	20	30	↑	100
terreno buon conduttore	15	10	—	—	—	—	↑	
terreni pianeggianti, paludosi, con densa vegetazione	—	—	—	—	12	7,5	↑	
pascoli, colline medie e boschi di territori montagnosi e di coste marine	—	—	—	—	13	6	↑	
pascoli, colline medie e boschi con terreno fortemente argilloso . . .	—	—	—	—	13	4	↑	
terreno medio	—	—	4	10	—	—	· 15	
terreni rocciosi	—	—	—	—	14	2	↑	
terreni sabbiosi, asciutti, pianeggianti tipici di territori costieri . . .	—	—	—	—	10	2	↑	
terreno cattivo conduttore	5	1	—	—	—	—	↑	
città, aree industriali con media attenuazione.	—	—	—	—	5	1	↑	
città, aree industriali con elevata attenuazione.	—	—	—	—	3	0,1	↓	0,3

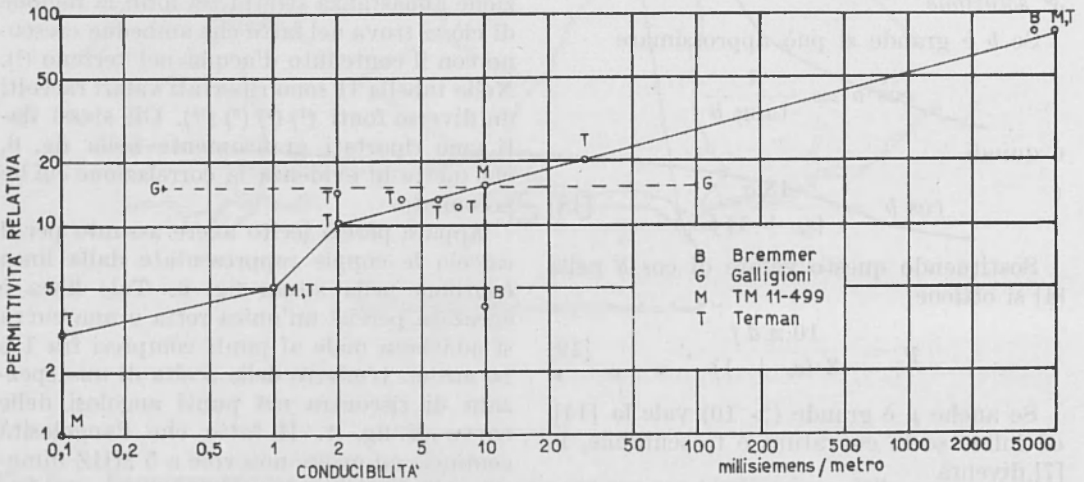


Fig. 6 - Permittività e conducibilità secondo diverse fonti. I terreni cui i valori si riferiscono sono menzionati nella tabella II. La linea continua rappresenta i valori adottati nel presente lavoro.

Conducibilità.

Le misure di conducibilità (*) assunte a base delle carte fig. 2-3-4 sono state fatte alle frequenze della radiodiffusione (tra 550 e 1600 kHz). Possiamo perciò ritenere che esse siano indipendenti dalla permittività.

Applicando però fino a 20 MHz i risultati di misure della conducibilità effettuate intorno ad 1 MHz si commette un certo errore. Dalle misure di Smith-Rose (?) si hanno i risultati che riporto in seguito, e che indicano le variazioni della conducibilità e della permittività tra 1,2 e 10 MHz (*).

frequenza MHz	conducibilità mS/m	permittività relativa
33,3	8,5	4,92
50	6,97	5,53
100	5,04	5,85

Si potrebbero eliminare tutti questi errori mediante l'effettuazione di misure dei parametri alle frequenze che interessano.

frequenza MHz	conducibilità mS/m		permittività relativa		errore di portata
	1,2	10	1,2	10	
Diversi campioni prelevati a 0,9 metri di profondità	0,12	0,56	9,5	7,5	+ 11 %
	0,31	1,2	12	8,5	+ 15 %
	1,3	2,1	11	8,0	+ 13 %
	17	32	70	33	+ 7 %
	61	89	130	85	— 3 %

La conducibilità cresce piuttosto rapidamente con la frequenza. D'altra parte la variazione di permittività avviene in verso opposto; quest'ultima prevale (a 10 MHz) per conducibilità non elevatissime e quindi, applicando a 10 MHz i valori misurati a 1,2 MHz, risulta che si commette un errore di portata generalmente in eccesso. L'errore non è superiore al 15%.

Per frequenze più elevate abbiamo le misure di Sacco e Barzilai (6), che al crescere della frequenza indicano un andamento della conducibilità discendente, mentre la permittività continua a crescere. L'errore a 20 MHz potrebbe quindi essere poco maggiore di quello che si ha sui 10 MHz.

Variazioni stagionali.

Il Barfield (2) ha misurato per 13 mesi la conducibilità di un terreno, ottenendo valori compresi tra gli estremi di 1,7 e 4,0 mS/m. Dal diagramma di fig. 1 si ricava che ciò corrisponde a variazioni di portata comprese fra 1:1,56 (per 1 MHz) e 1:1,18 (per 20 MHz). Queste variazioni comprendono condizioni estreme, come gelo, neve, caldo secco, alluvione. È opportuno ricordare che le variazioni citate sono quelle dovute alla sola natura del terreno. Altre variazioni stagionali di portata sono dovute alla diversa intensità dei disturbi atmosferici, per cui le previsioni del tipo di quelle della tabella I (10) cambiano da un mese all'altro. Le misure (4) assunte a base delle carte di fig. 2-3-4 sono state fatte d'estate; quindi in generale la portata risulta calcolata in difetto, ad eccezione dell'eventualità di gelo. Sotto 0 °C la conducibilità diminuisce con un brusco gradino (?); d'altra parte con il clima mediterraneo il gelo interessa il terreno a profondità molto minori di quelle di penetrazione delle onde hertziane qui considerate.

(*) Le coppie di valori date da Smith-Rose non sono state considerate nella tabella II e nella figura 6, trattandosi di risultati di misure in laboratorio che si scostano notevolmente (la permittività appare considerevolmente in eccesso) dai valori ottenuti sul terreno da diversi altri Autori. Questa è però la sola fonte accessibile che fornisce dati atti a valutare l'effetto della variazione di frequenza in questo campo.

Complessivamente l'errore potrà essere al massimo di 36% — generalmente in difetto — intorno a 1 MHz, dovuto alle sole cause stagionali; e dell'ordine del 23% intorno a 20 MHz, dovuto alla variazione di conducibilità con la frequenza insieme alle cause stagionali. È quindi dello stesso ordine dell'errore di arrotondamento dovuto alla scelta dei valori indicati nelle carte.

Fattore di diffrazione.

Il fattore di diffrazione F , dipende, in modo complicato dalla distanza e dai parametri del terreno. Poichè era possibile averlo come dato per i tre casi considerati nel TM-11-499 (cfr. Appendice I) ho ritenuto sufficiente interpolare piuttosto che rifare i calcoli, che avrebbero richiesto successive approssimazioni, non potendo separare le variabili.

Per bassi valori della conducibilità, per i quali è stata fatta l'estrapolazione, la diffrazione non interviene date le piccole portate.

Guadagno di altezza.

Non ho considerato guadagno di altezza, raramente applicabile a stazioni campali che operano su queste frequenze.

RIASSUNTO

La portata delle stazioni radio campali dipende da diversi fattori. La determinazione di questi fattori è tuttora incerta; ma quando si hanno dati di esperienze precedenti è possibile ottenere migliori previsioni, considerando il contributo di una o due variabili mentre gli altri parametri rimangono costanti. Nel caso della propagazione per onda di superficie sono importanti la natura e la forma del terreno.

In questa nota vengono dati coefficienti di portata, in funzione della conducibilità del terreno, e partendo da portate base di 10 e di 30 km su « terreno cattivo conduttore » ($\sigma = 10^{-3}$ siemens/metro) per frequenze da 1 a 20 MHz. Sono discusse ipotesi sulla costante dielettrica del terreno.

Da questi coefficienti, e dalla conducibilità

del terreno già misurata, sono ricavate carte che forniscono i coefficienti di portata in Italia, per frequenze di 2, di 5, e di 10 MHz. Vengono discusse le approssimazioni nell'uso di queste carte, mostrando che gli errori non superano il 36% della portata.

ABSTRACT

The range of field radio stations depends from several factors. Determination of these factors is yet uncertain; but when in possession of data from previous experience it is possible to obtain better predictions, considering the contribution of one or two variables, whilst other parameters stay constant. In case of propagation by ground wave, the type and the form of ground are important.

In this paper coefficients of range are given, as a function of ground conductivity, and starting from basic ranges of 10 km and of 30 km on "poor ground" ($\sigma = 10^{-3}$ mho/meter), for frequencies from 1 to 20 Mc/s. Assumptions in regard of dielectric constant of the ground are discussed.

From these coefficients, and from measured ground conductivity, maps showing range coefficients in Italy are given, for frequencies of 2, of 5 and of 10 Mc/s. Approximations in the use of these maps are discussed, showing errors to be not more than 36% in range.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BREMMER, A., *Terrestrial Radio Waves - Theory of Propagation*. Amsterdam, 1949.
- (2) BARFIELD, R. H., *Some Measurements of the Electrical Constants of the Ground at Short Wavelengths by the Wave-Tilt Method*, « Jour. I.E.E. », V. LXXV, p. 214-220, 1934.
- (3) BURROWS, C. R., and GRAY, M. C., *The Effect of the Earth's Curvature on Ground-Wave Propagation*. « Proc. I.R.E. », V. XXXIX, p. 16-24, Genn. 1941.
- (4) GALLIGIONI, G., *Rilievo della conduttività del terreno in Italia*. « A.F. », V. XX, p. 119-127, Gin.-Ago. 1951; la carta delle conduttività è riportata anche in « L'Elettrotecnica », V. XXXIX, p. 33, Genn. 1952.

- (5) SACCO, L. e BARZILAI, G., *Sulla misura delle costanti elettriche del suolo alle altissime frequenze*. « Rassegna P.T. », V. XII, p. 597-605, 1940.
- (6) SILLENI, S., *Su alcuni fattori geofisici nelle radiocomunicazioni*. « Annali di Geofisica », V. VIII, p. 135-148, Genn. 1955.
- (7) SMITH-ROSE, R. L., *Electrical Measurements on Soil with Alternating Currents*. « Jour. I.E.E. », V. LXXV, p. 221-237, 1934.
- (8) TERMAN, F. E., *Radio Engineers' Handbook*, McGraw Hill, New York, 1943.
- (9) U. S. Federal Communication Commission, *Standards of Good Engineering Practice concerning Standard Broadcast Stations*, Washington, 1947.
- (10) U. S. Signal Corps Radio Propagation Agency, *Short Distance Radio Propagation Charts for Use in the Mediterranean Area*. Pubbl. mensile.
- (11) U. S. War Department, *TM-11-486 = Electrical Communication Systems Engineering*, Washington 1945, Traduzione italiana pubbl. 5027 del Ministero Difesa-Esercito, Roma, 1953.
- (12) U.S. War Department, *TM-11-499 = Radio Propagation*. Washington, 1950.