الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.1546-5

(2013/9)

طريقة التنبؤ من نقطة-إلى-منطقة لخدمات الأرض في مدى الترددات بين MHz 30 وMHz 3 000

السلسلة P

انتشار الموجات الراديوية

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد لمدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها.

ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهرتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/publ/R-REC/en)

السلسلة	العنوان
BO	البث الساتلي
BR	التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية
BS	الخدمة الإذاعية (الصوتية)
BT	الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)
F	الخدمة الثابتة
M	الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	**انتشار الموجات الراديوية**
RA	علم الفلك الراديوي
S	الخدمة الثابتة الساتلية
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
SA	التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية
SF	تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة
SM	إدارة الطيف
SNG	التجميع الساتلي للأخبار
TF	إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت
V	المفردات والمواضيع ذات الصلة

ملاحظة: *تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.*

النشر الإلكتروني
جنيف، 2014

© ITU 2014

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R P.1546-5

طريقة التنبؤ من نقطة-إلى-منطقة لخدمات الأرض في مدى الترددات بين 30 MHz و3 000 MHz

(2013-2009-2007-2005-2003-2001)

مجال التطبيق

تصف هذه التوصية طريقة التنبؤ بالانتشار الراديوي من نقطة إلى منطقة فيما يتعلق بخدمات الأرض في مدى الترددات الواقع بين 30 MHz و3 000 MHz. وهي مخصصة للاستخدام في الدارات الراديوية التروبوسفيرية عبر مسارات برية وبحرية و/أو مسارات برية بحرية مختلطة يصل طولها إلى 1 000 km وهوائيات إرسال بارتفاع فعال يقل عن 3 000 m. وتقوم الطريقة على أساس الاستكمال الداخلي/الخارجي لمنحنيات شدة المجال المستنتجة تجريبياً بدلالة المسافة وارتفاع الهوائي والتردد والنسبة المئوية للتوقيت. ويضم إجراء الحساب أيضاً تصويبات نتائج هذا الاستكمال الداخلي/الخارجي بهدف مراعاة عوائق التضاريس الأرضية وجلبة المطراف.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن من الضروري تقديم إرشادات إلى المهندسين المكلّفين بتخطيط خدمات الاتصالات الراديوية للأرض في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)؛

ب) أن من الأهمية بمكان تحديد مسافة جغرافية دنيا تفصل بين المحطات التي تعمل على نفس قنوات التردد أو على قنوات مجاورة لتفادي التداخلات غير المسموح بها من جراء الانتشار التروبوسفيري على مسافة طويلة؛

ج) أن المنحنيات التي ترد في الملحقات 2 و3 و4 تستند إلى تحليل إحصائي للبيانات التجريبية،

وإذ تلاحظ

أ) أن التوصية ITU-R P.528 تقدم إرشادات بشأن التنبؤ بخسارة الإرسال في المسير من نقطة إلى منطقة فيما يتعلق بالخدمة المتنقلة للطيران في مدى الترددات من 125 MHz إلى 15,5 GHz والمسافات التي تصل إلى 1 800 km؛

ب) أن التوصية ITU-R P.452 تقدم إرشادات بشأن التقييم المفصّل لتداخلات الموجة الصغرية بين المحطات على سطح الأرض عند ترددات تفوق 0,1 GHz تقريباً؛

ج) أن التوصية ITU-R P.617 تقدم إرشادات بشأن التنبؤ بخسارة الإرسال في المسير من نقطة إلى نقطة بالنسبة إلى أنظمة المرحلات الراديوية عبر الأفق فيما يتعلق بمدى الترددات الذي يفوق 30 MHz، وبالنسبة إلى مدى المسافات من 100 إلى 1 000 km؛

د) أن التوصية ITU-R P.1411 تقدم إرشادات بشأن التنبؤ فيما يتعلق بالخدمات الخارجية ذات المدى القصير (إلى حد 1 km)؛

هـ) أن التوصية ITU-R P.530 تقدم إرشادات بشأن التنبؤ بخسارة الإرسال في المسير من نقطة إلى نقطة فيما يتعلق بأنظمة خط البصر الأرضية؛

و) أن التوصية ITU-R P.2001 تقدم نموذج انتشار للأرض واسع النطاق في مدى الترددات من 30 MHz إلى 50 GHz، بما في ذلك إحصاءات الخبو والتحسين على السواء،

توصي

باعتماد الإجراءات الواردة في الملحقات من 1 إلى 8 فيما يتعلق بالتنبؤ من نقطة إلى منطقة بشدة المجال بالنسبة إلى الخدمات الإذاعية والخدمات المتنقلة للأرض والخدمات المتنقلة البحرية وبعض الخدمات الثابتة (مثل الخدمات التي تستعمل أنظمة من نقطة إلى عدة نقاط) في مدى الترددات من 30 MHz إلى 3 000 MHz ومسافات يصل طولها إلى 1 000 km.

ملاحظة – قد تحدث مسيرات الانتشار طويلة المدى أيضاً في نطاق الموجات المترية (VHF) عبر الأيونوسفير. ويرد موجز هذه الأساليب في التوصية ITU-R P.844.

الملحق 1

مقدمة

1 منحنيات الانتشار

تمثل منحنيات الانتشار الواردة في الملحقات 2 و3 و4 قيم شدة المجال بالنسبة إلى 1 kW من القدرة المشعّة الفعالة (e.r.p.) عند ترددات اسمية تبلغ 100 و600 و2 000 MHz، على التوالي، كدالة لمعلمات مختلفة؛ وتشير بعض المنحنيات إلى مسيرات أرضية، بينما يشير البعض الآخر إلى مسيرات بحرية. وينبغي استعمال الاستكمال الداخلي أو الاستكمال الخارجي للقيم التي تم الحصول عليها بالنسبة إلى هذه الترددات الاسمية للحصول على قيم شدة المجال بالنسبة إلى أي تردد يقع اختياره باستعمال الطريقة الواردة في الفقرة 6 من الملحق 5.

وتستند المنحنيات إلى معطيات القياسات التي تتعلق بصفة رئيسية بالظروف المناخية المتوسطة في المناطق المعتدلة وهي تشمل البحار الباردة والبحار الساخنة، مثل بحر الشمال والبحر المتوسط. وقد أعدت منحنيات المسيرات الأرضية بالاستناد إلى معطيات تم الحصول عليها بصفة رئيسية في ظل ظروف مناخية معتدلة مثل تلك التي تتسم بها بلدان أوروبا وأمريكا الشمالية. وقد أعدت منحنيات المسيرات البحرية بالاستناد إلى المعطيات التي تم الحصول عليها بصفة رئيسية في منطقتي البحر المتوسط وبحر الشمال. وقد كشفت بعض الدراسات المكثفة عن أن شروط الانتشار تختلف اختلافاً كبيراً في بعض مناطق البحار الساخنة التي تتعرض إلى ظواهر الانكسار العالي.

إلا أن الطرائق المتعلقة بالاستكمال الداخلي والاستكمال الخارجي بين عائلات منحنيات شدة المجال هي طرائق عامة. ولذلك، إذا وجدت عائلات المنحنيات بالنسبة إلى مناطق ذات مناخات مختلفة تتسم بهيمنة شروط انتشار راديوي مختلفة، يمكن التوصل إلى وصف دقيق للانتشار الراديوي في هذه المناطق باستعمال الطرائق المبينة في هذه التوصية.

ولا تختص هذه التوصية باستقطاب محدد.

2 الحد الأقصى لشدة المجال

تكشف المنحنيات عن حدود عليا تخص القيمة الممكنة لشدة المجال الذي يمكن الحصول عليها في شتى الظروف. ويرد تعريف هذه الحدود في الفقرة 2 من الملحق 5 وهي تظهر في الرسوم البيانية التي تحتوي عليها الملحقات 2 و3 و4 في شكل خطوط متقطعة.

3 الجدولة بالاستناد إلى الحاسوب

رغم أنه يمكن قراءة شدة المجالات مباشرة انطلاقاً من المنحنيات التي تحتوي عليها أشكال الملحقات 2 و3 و4 بهذه التوصية، فمن المتفق عليه أن يستعمل تنفيذ هذه الطريقة بواسطة الحاسوب معطيات شدة المجالات المجدولة التي توجد لدى مكتب الاتصالات الراديوية (BR). يرجى الرجوع إلى موقع قطاع الاتصالات الراديوية على شبكة الويب (لجنة الدراسات 3 للاتصالات الراديوية).

4 طريقة التدرج

يرد تفصيل إجراء التدرج الذي يتعين استعماله خلال تطبيق هذه التوصية في الملحق 6.

5 تعيين الهوائيات

تُستخدم عبارة "هوائي إرسال/قاعدة" في هذه التوصية بمفهومين: مفهوم هوائي إرسال على نحو ما هو مستعمل في الخدمة الإذاعية ومفهوم هوائي المحطة القاعدة على نحو ما هو مستعمل في الخدمات المتنقلة للأرض. وبالمثل، تُستخدم عبارة "هوائي استقبال/متنقل" بمفهومين: مفهوم هوائي استقبال على نحو ما هو مستعمل في الخدمة الإذاعية ومفهوم هوائي متنقل على نحو ما هو مستعمل في الخدمات المتنقلة للأرض. وتحتوي الفقرة 1.1 من الملحق 5 على المزيد من المعلومات بشأن تعيين المطاريف.

6 ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة

تأخذ الطريقة في الاعتبار الارتفاع الفعلي لهوائي الإرسال/القاعدة، وهو ارتفاع الهوائي فوق الارتفاع المتوسط للأرض بين مسافات يتراوح طولها بين 3 و15 km في اتجاه هوائي الاستقبال/المتنقل. ويُحصل على ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، h_1، الذي يتعين استعماله في الحساب باستعمال الطريقة الواردة في الفقرة 3 من الملحق 5.

7 ارتفاعات هوائي الإرسال/القاعدة المستعمل في المنحنيات

تُعطى شدة المجال بالمقارنة مع منحنيات المسافة الواردة في الملحقات 2 و3 و4، والجداول ذات الصلة، بالنسبة إلى قيم h_1 التالية: 10 و20 و37,5 و75 و150 و300 و600 و1 200 m. أما بالنسبة إلى أية قيمة من قيم h_1 يتراوح مداها بين 10 و3 000 m، فينبغي اللجوء إلى استعمال استكمال داخلي أو خارجي انطلاقاً من المنحنيين المناسبين مثلما يرد وصف ذلك في الفقرة 1.4 من الملحق 5. أما فيما يتعلق بقيمة h_1 التي تقل عن 10 m، فإن الاستكمال الخارجي الذي يتعين تطبيقه يرد في الفقرة 2.4 من الملحق 5. ومن الممكن بالنسبة إلى القيمة h_1 أن تكون سالبة، وينبغي في هذه الحالة استعمال الطريقة الواردة في الفقرة 3.4 من الملحق 5.

8 التغير الزمني

تُمثل منحنيات الانتشار قيم شدة المجال التي تم تجاوزها خلال النسب المئوية من الوقت التالية: 50% و10% و1%. وتحتوي الفقرة 7 من الملحق 5 على طريقة للاستكمال الداخلي بين هذه القيم. ولا تصح هذه التوصية بالنسبة إلى شدة المجال التي تم تجاوزها بالنسبة إلى النسب المئوية من الوقت التي توجد خارج المدى من 1% إلى 50%.

9 طريقة المسيرات المختلطة

ينبغي تقدير شدة مجال المسير المختلط، في الحالات التي يكون فيها المسير الراديوي فوق كل من الأرض وسطح البحر، باستعمال الطريقة الواردة في الفقرة 8 من الملحق 5.

10 ارتفاع هوائي الاستقبال/المتنقل

تُعطِي المنحنيات بالنسبة إلى المسيرات الأرضية قيم شدة المجال بالنسبة إلى ارتفاع هوائي استقبال/متنقل فوق الأرض، h_2 (m)، يساوي إما الارتفاع الممثل للعوائق الموجودة على الأرض بالقرب من موقع هوائي الاستقبال/المتنقل أو 10 m أيهما أعلى. وتعطي المنحنيات بالنسبة إلى المسيرات البحرية قيم شدة المجال بالنسبة إلى $h_2 = 10$ m. وحتى يتسنى استعمال قيم h_2 تختلف عن الارتفاع الذي يمثل بواسطة منحني، ينبغي تطبيق تصحيح وفقاً لبيئة هوائي الاستقبال/المتنقل. وترد الطريقة التي تسمح بحساب هذا التصحيح في الفقرة 9 من الملحق 5.

11 تأثير حجب الجلبة لهوائي الإرسال/القاعدة

إذا كان هوائي الإرسال/القاعدة فوق أو بجوار أرض فيها جلبة، ينبغي تطبيق التصحيح الوارد في الفقرة 10 من الملحق 5، بغض النظر عن ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة فوق الأرض.

12 تصحيح زاوية خلوص للأرض

يمكن الحصول على دقة أفضل في مجال التنبؤ بشدة المجال، بالنسبة إلى المسيرات الأرضية، من خلال الأخذ في الاعتبار بالتضاريس الأرضية التي توجد بالقرب من هوائي الاستقبال/المتنقل، وفي حالة التيسر، من خلال استعمال زاوية خلوص للأرض. وعند إجراء حساب يتعلق بمسير مختلط، لا بد من إدراج هذا التصحيح إذا كان هوائي الاستقبال/المتنقل مجاوراً لجزء أرضي من المسير. وتحتوي الفقرة 11 من الملحق 5 على المزيد من المعلومات بشأن تصحيح زاوية الخلوص للأرض.

13 تغير الموقع

تُمثل منحنيات الانتشار قيم شدة المجال التي تم تجاوزها في 50% من المواقع داخل أية منطقة تبلغ 500 m من حيث الطول والعرض. وللمزيد من المعلومات بشأن تغير الموقع وطريقة حساب التصحيح المطلوب فيما يتعلق بالنسب المئوية للموقع بخلاف 50% من مساحته، انظر الفقرة 12 من الملحق 5.

14 التصحيح على أساس الانتشار التروبوسفيري

يرد في الفقرة 13 من الملحق 5 أسلوب احتساب الانتشار التروبوسفيري لاستخدامه إذا توفرت معلومات عن التضاريس. ومن حيث المبدأ، ينبغي أن تعبر المنحنيات عن أثر أي إشارات انتشار تروبوسفيري ذات شأن، ولكن من غير المؤكد أن قياسات كافية قد أجريت على المسافات الطويلة المطلوبة لتسجيل هذه الآثار. والقصد من التصحيح الوارد في الفقرة 13 من الملحق 5 هو استبعاد الاستهانة كثيراً بشدة المجال في التوقعات جراء عدم تمثيل المنحنيات لآثار الانتشار التروبوسفيري تمثيلاً كافياً.

15 تصحيح الفارق في ارتفاعي هوائيين

يرد في الفقرة 14 من الملحق 5 تصحيح يحتسب الفارق بين ارتفاعي هوائيين فوق الأرض.

16 المسافات الأفقية التي تقل عن 1 km

تغطي منحنيات شدة المجال مسافات أفقية تتراوح بين 1 km و1 000 km. وتصف الفقرة 15 من الملحق 5 الطريقة المتبعة للمسافات الأفقية التي تقل عن 1 km.

17 خسارة إرسال أساسية مكافئة

تتضمن الفقرة 17 من الملحق 5 طريقة تسمح بتحويل شدة المجال بالنسبة إلى 1 kW من القدرة المشعة المكافئة إلى خسارة إرسال أساسية مكافئة.

18 تغير دليل الانكسار الجوي

من المعلوم أن شدة المجال المتوسطة وتغيرها عبر الزمن يختلفان باختلاف المناطق المناخية. وتنطبق منحنيات شدة المجال التي ترد في الملحقات 2 و3 و4 على مناخات معتدلة. ويحتوي الملحق 7 على طريقة تسمح بتكييف المنحنيات بالنسبة إلى مختلف المناطق في العالم استناداً إلى معطيات تدرج الانكسار الجوي العمودي ذات الصلة بالتوصية ITU-R P.453.

19 المواءمة بطريقة أوكومورا–هاتا (Okumura-Hata)

يعطي الملحق 8 معادلات هاتا (Hata) المتعلقة بالتنبؤ بشدة المجال بالنسبة إلى الخدمات المتنقلة في بيئة حضرية، ويصف الشروط التي تعطي هذه التوصية في ظلها نتائج ملائمة.

الملحق 2

مدى الترددات بين 30 MHz و300 MHz

1 ترد منحنيات شدة المجال بالمقارنة مع المسافة في هذا الملحق بالنسبة إلى تردد قدره 100 MHz. ويمكن استعمال هذه المنحنيات بالنسبة إلى ترددات يتراوح مداها بين 30 و300 MHz، غير أنه لا بد من استعمال الإجراء الوارد في الفقرة 6 من الملحق 5 بهدف تحسين الدقة. ويجب تطبيق نفس الإجراء عند استخدام القيم المجدولة لشدة المجال بالمقارنة مع المسافة (انظر الفقرة 3 من الملحق 1).

2 تمثل المنحنيات الواردة في الأشكال من 1 إلى 3 قيم شدة المجال التي تم تجاوزها في 50% من المواقع داخل أية منطقة تغطي 500 m في 500 m تقريباً وبالنسبة إلى 50% و10% و1% من الوقت فيما يتعلق بالمسيرات البرية.

3 يمكن حساب توزيع شدة المجال بحسب النسبة المئوية للموقع باستعمال المعلومات الواردة في الفقرة 12 من الملحق 5.

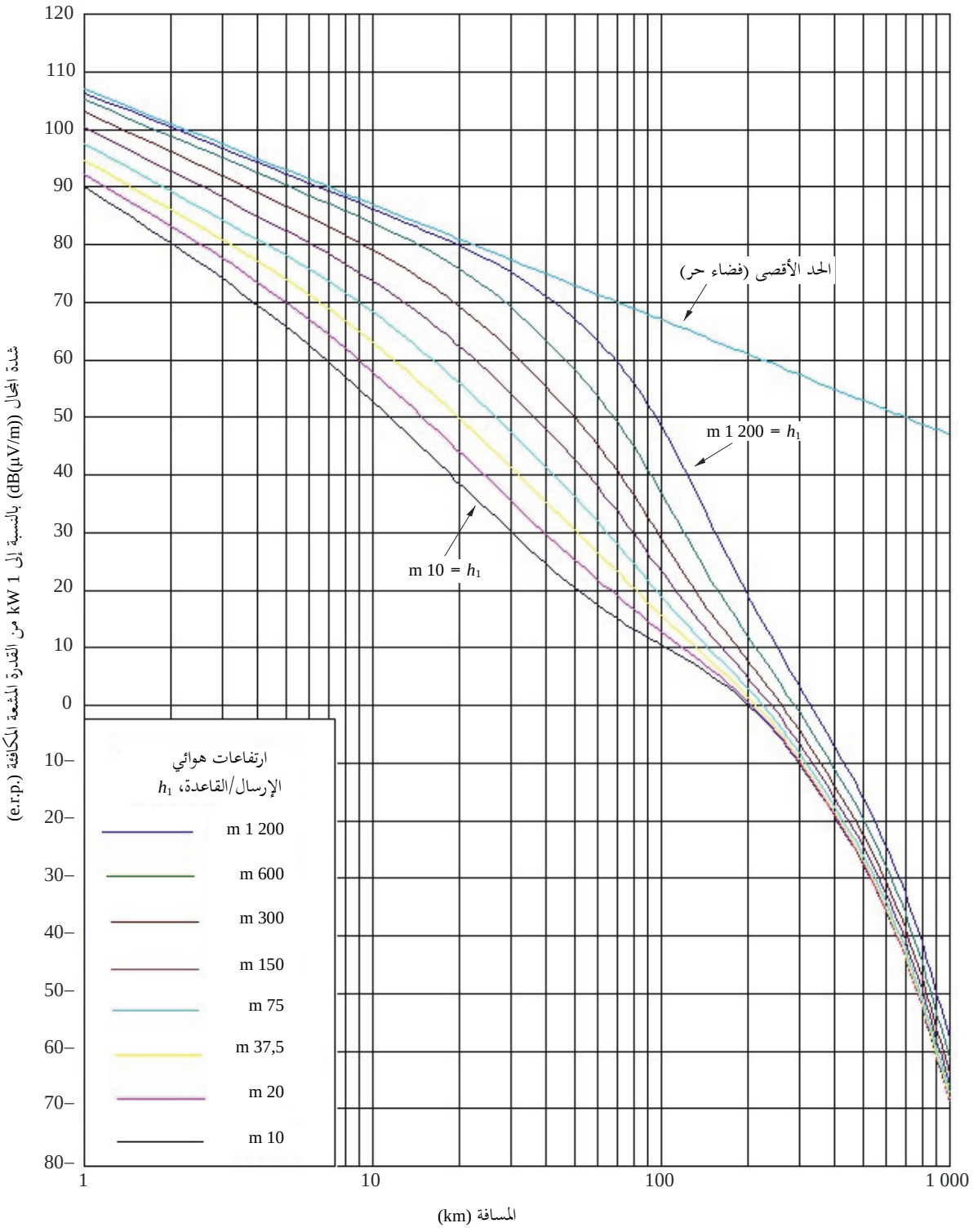
4 تمثل المنحنيات الواردة في الأشكال من 4 إلى 8 قيم شدة المجال التي تم تجاوزها في 50% من المواقع وهي تخص 50% و10% و1% من الوقت بالنسبة إلى المسيرات البحرية في البحار الباردة والبحار الساخنة، مثل تلك التي لوحظت في بحر الشمال والبحر المتوسط، على التوالي.

5 ينبغي أن تؤخذ في الحسبان، في المناطق التي تتعرض إلى ظواهر بارزة من ظواهر الانكسار العالي، المعلومات التي تحتوي عليها الفقرة 18 من الملحق 1.

6 يمكن لغلاف التأين (أيونوسفير)، لا سيما من خلال آثار تأين الطبقة E المتفرقة، أن يؤثر على انتشار الترددات الواقعة في الجزء المنخفض من نطاق الموجات المترية، وبالخصوص عند الترددات التي تقل عن 90 MHz تقريباً. وفي بعض الحالات، يمكن لأسلوب الانتشار هذا أن يؤثر على شدة المجال التي تم تجاوزها عند نسب مئوية صغيرة من الوقت في مسافات تتجاوز 500 km تقريباً. ويمكن بلوغ نسب مئوية من الوقت أكثر ارتفاعاً بالقرب من منطقة خط الاستواء المغنطيسي وفي المنطقة الشفقية. ولكن جرت العادة على إهمال هذه الآثار الأيونوسفيرية بالنسبة إلى معظم التطبيقات التي تغطيها هذه التوصية، وقد أعدت منحنيات الانتشار التي ترد في هذا الملحق بالاستناد إلى هذه الفرضية. (راجع التوصية ITU-R P.534 التي تقدم إرشادات بشأن الانتشار E المتفرق).

الشكل 1

100 MHz، مسير بري، 50% من الوقت



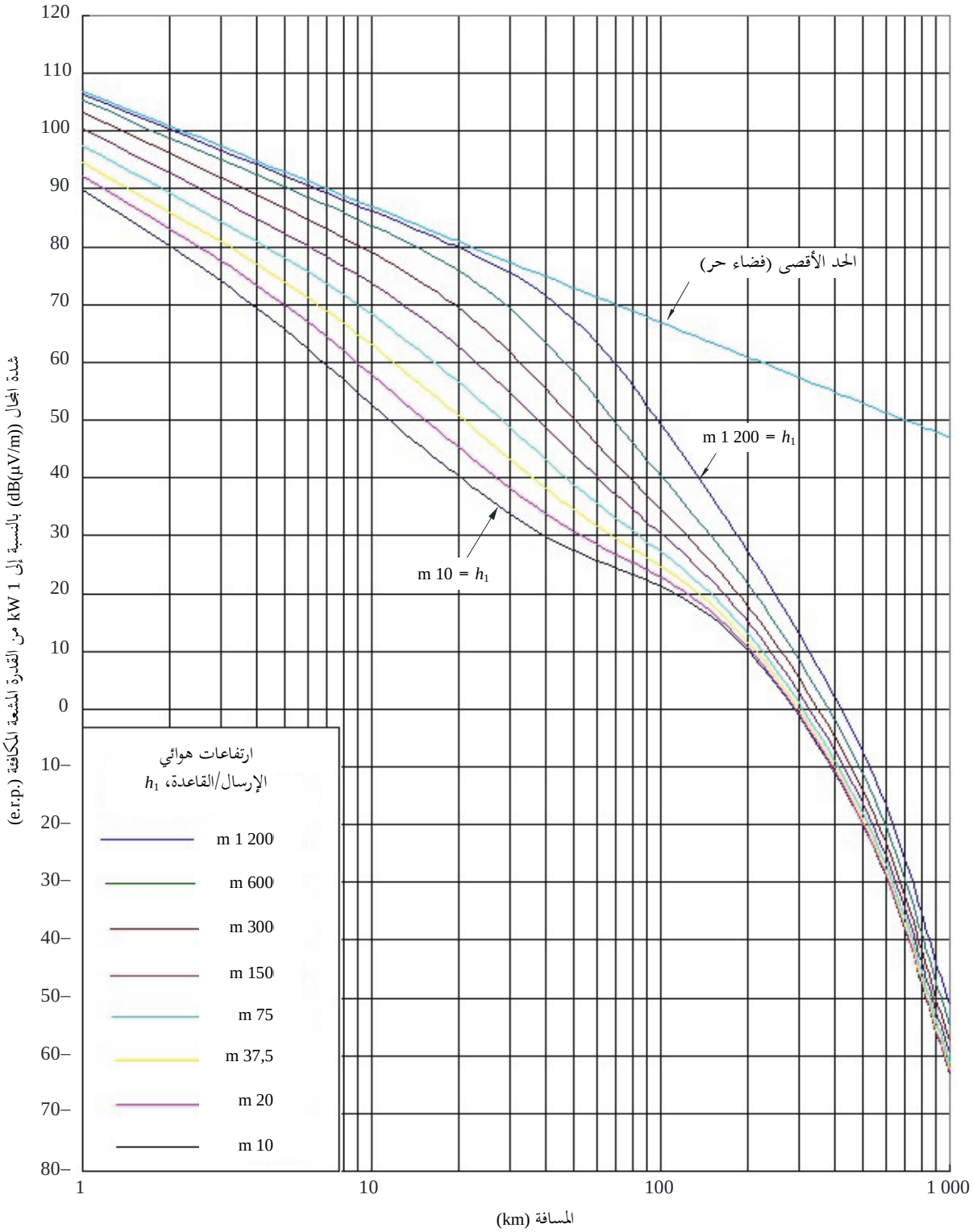
50% من المواقع

h_2=الارتفاع التمثيلي للعوائق

P.1546-01

الشكل 2

100 MHz، مسير بري، 10% من الوقت



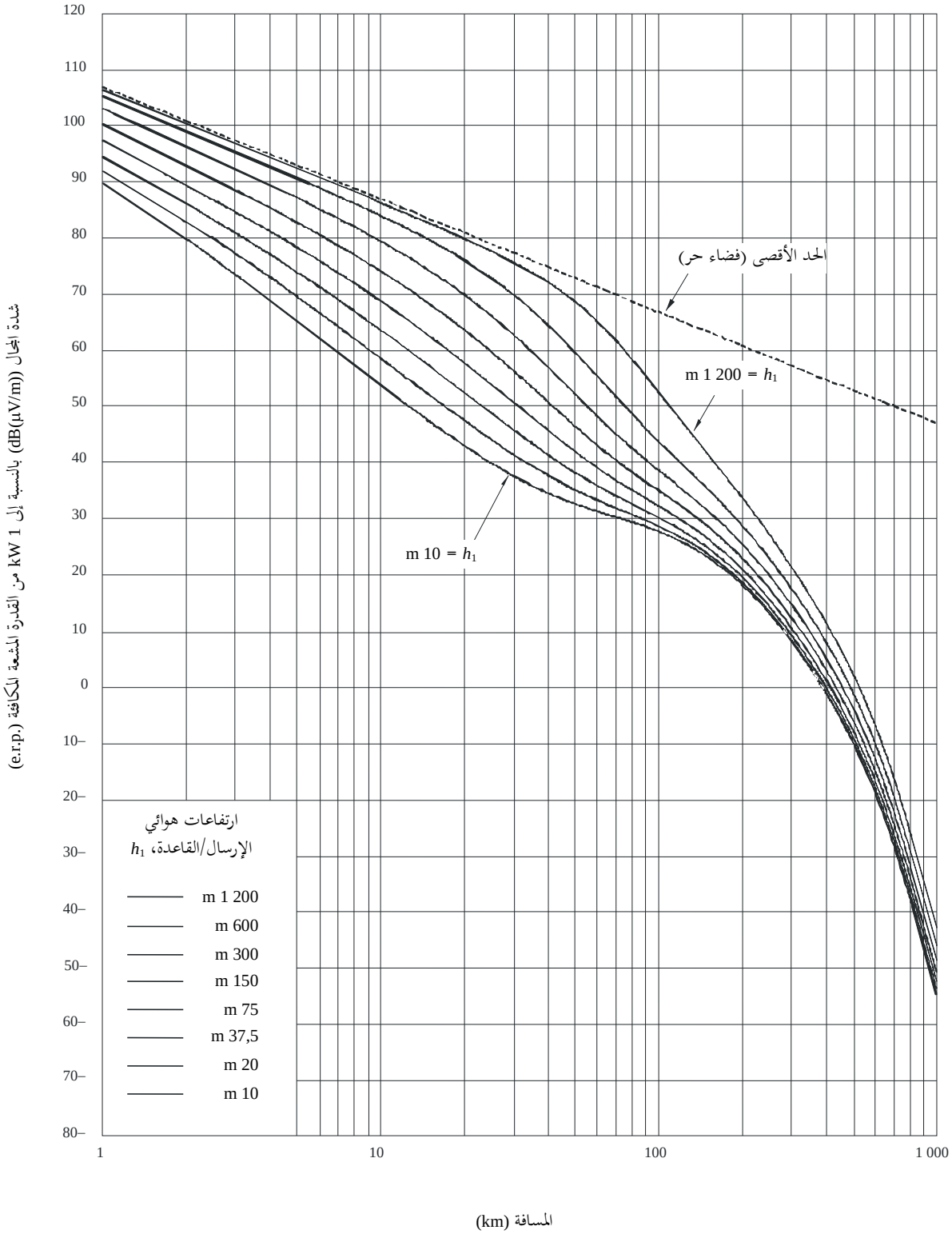
50% من المواقع

h_2= الارتفاع التمثيلي للعوائق

P.1546-02

الشكل 3

100 MHz، مسير بري، 1% من الوقت



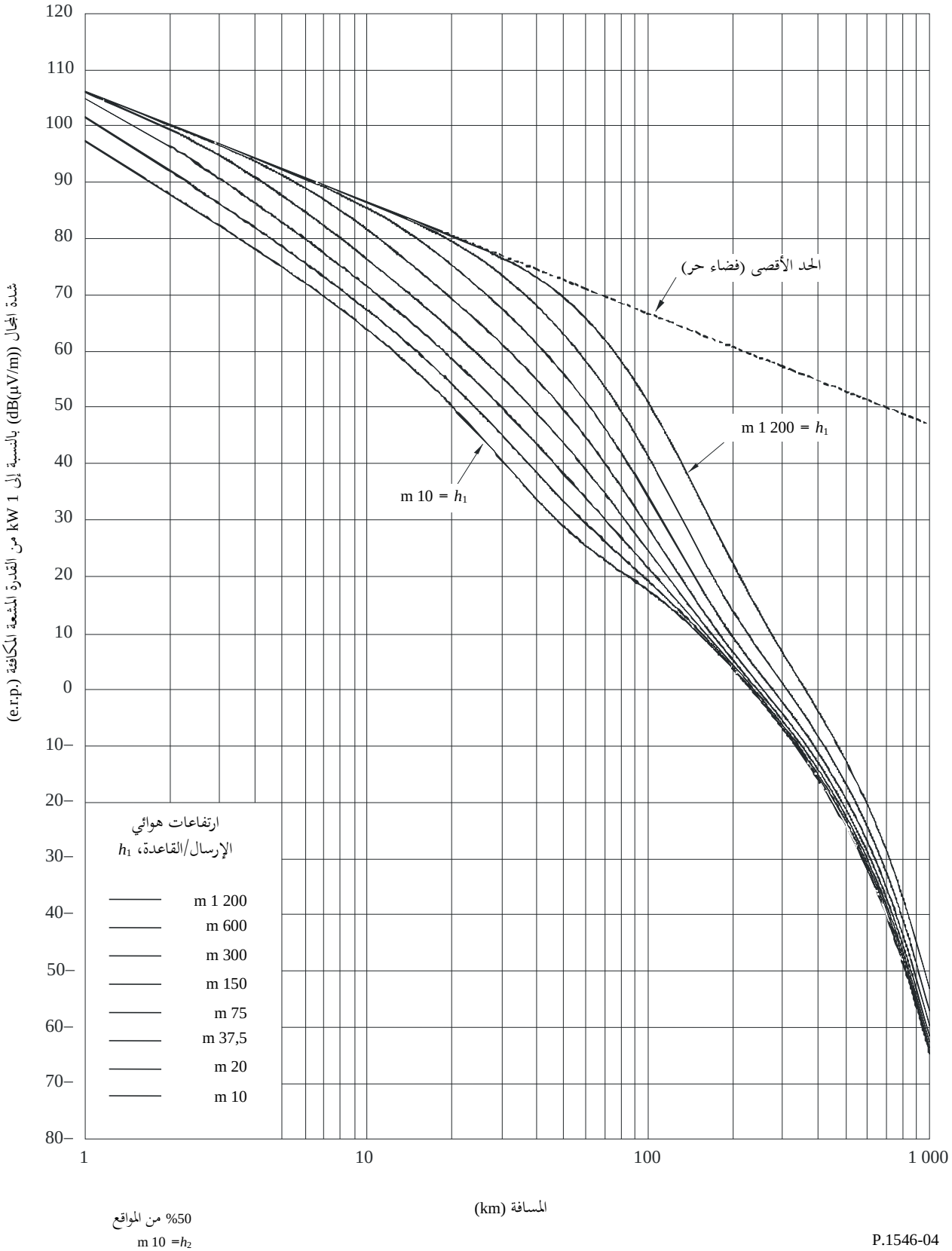
50% من المواقع

h_2= الارتفاع التمثيلي للعوائق

P.1546-03

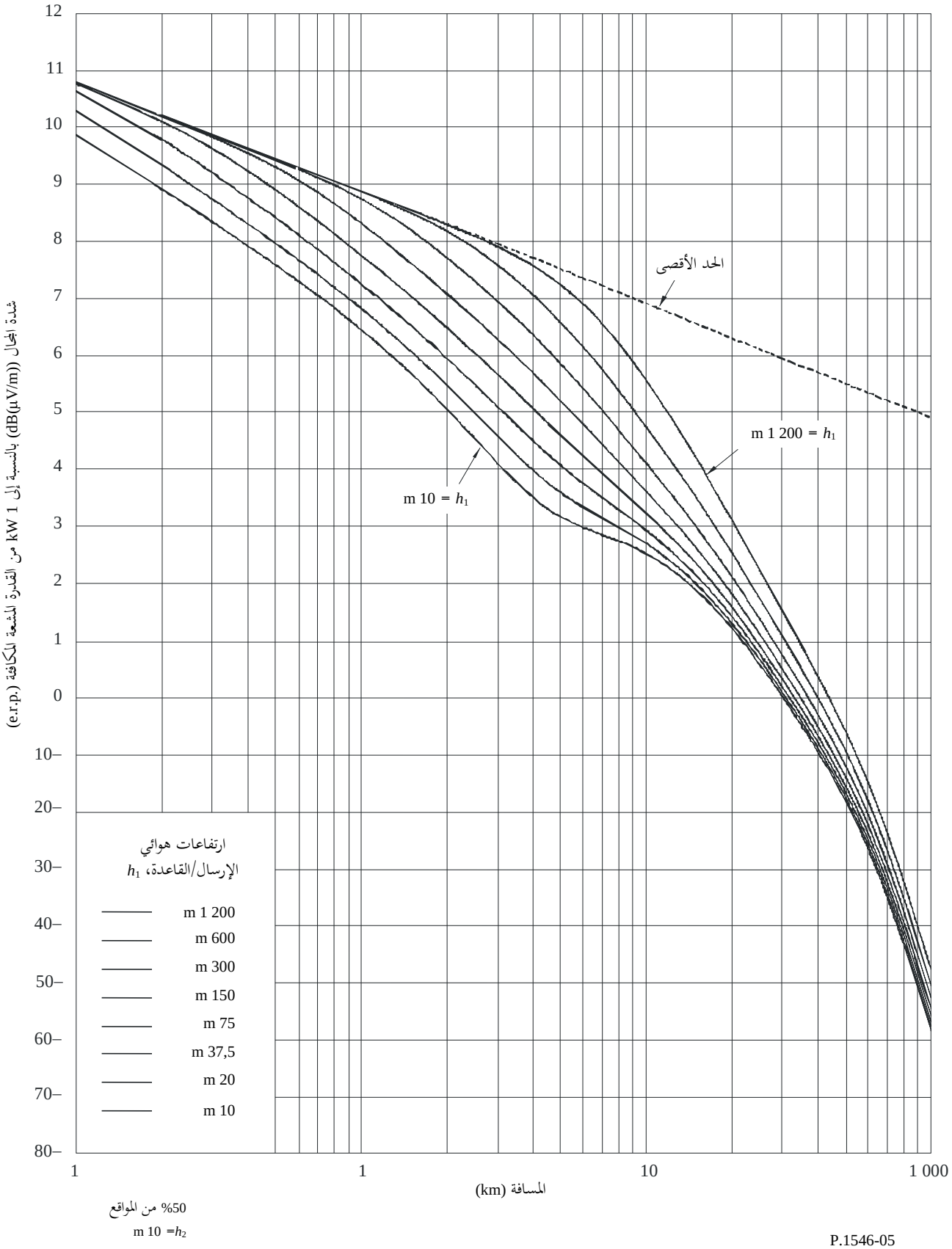
الشكل 4

100 MHz، مسير بحري، 50% من الوقت



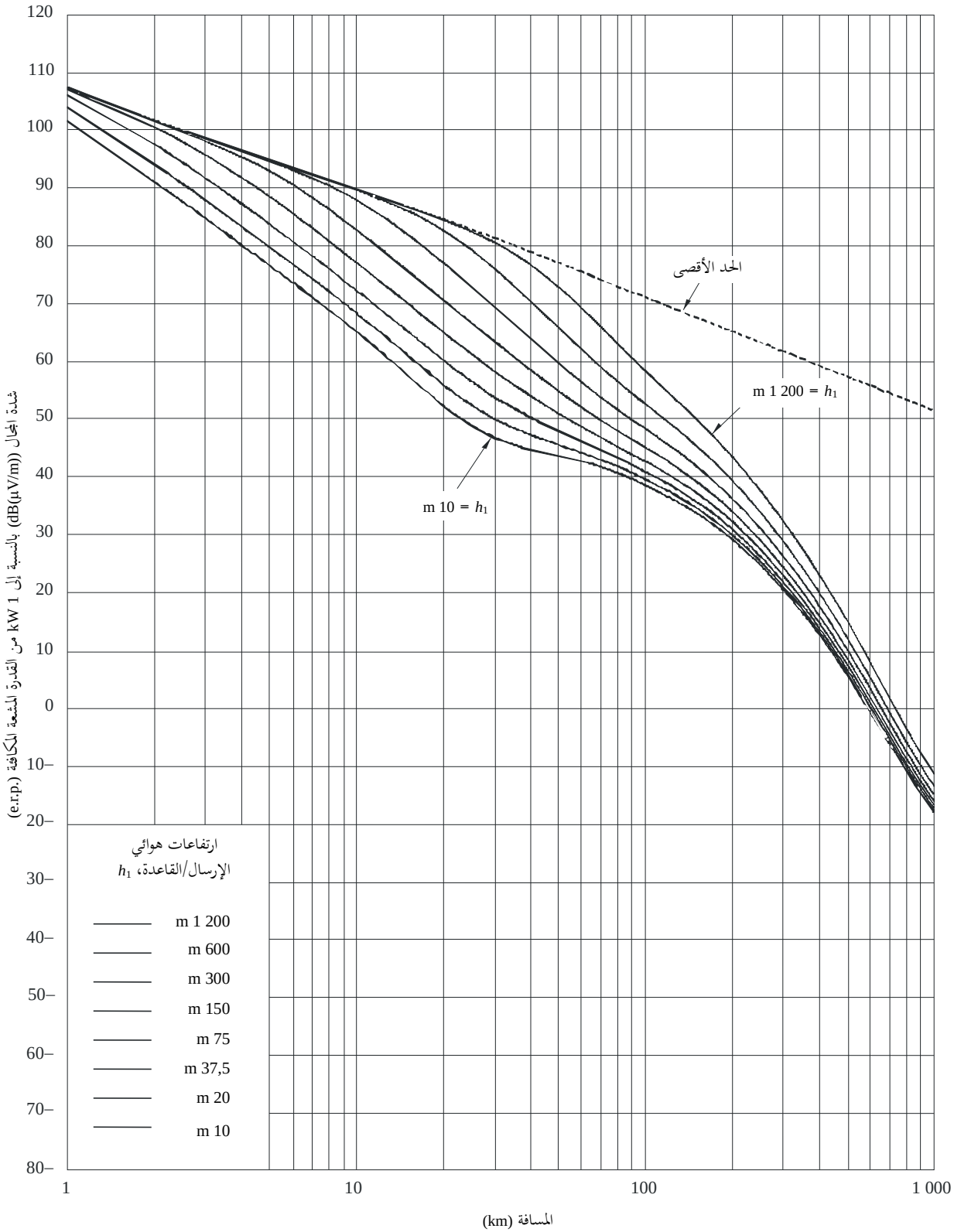
الشكل 5

100 MHz، مسير بحري بارد، 10% من الوقت



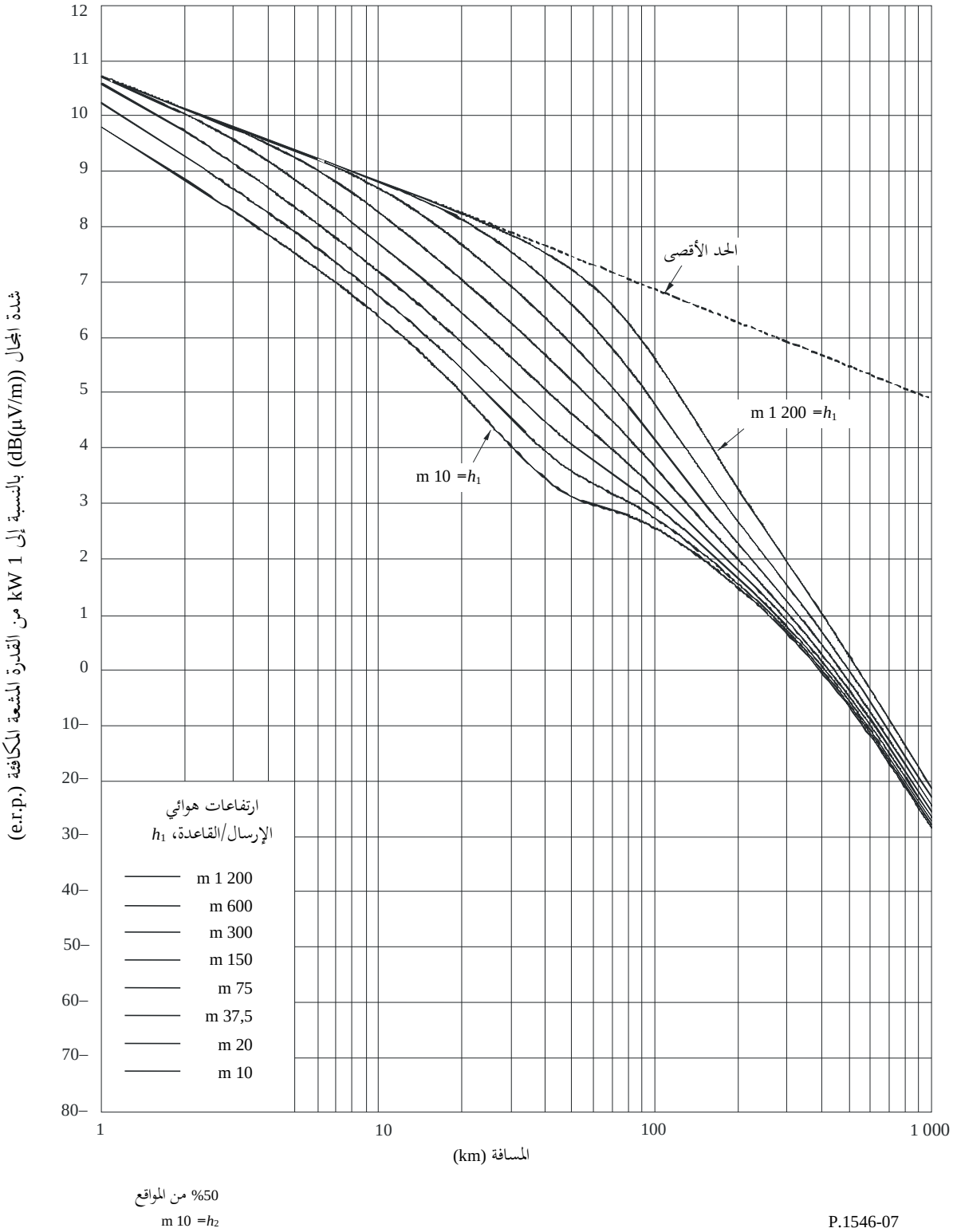
الشكل 6

100 MHz، مسير بحري بارد، 1% من الوقت



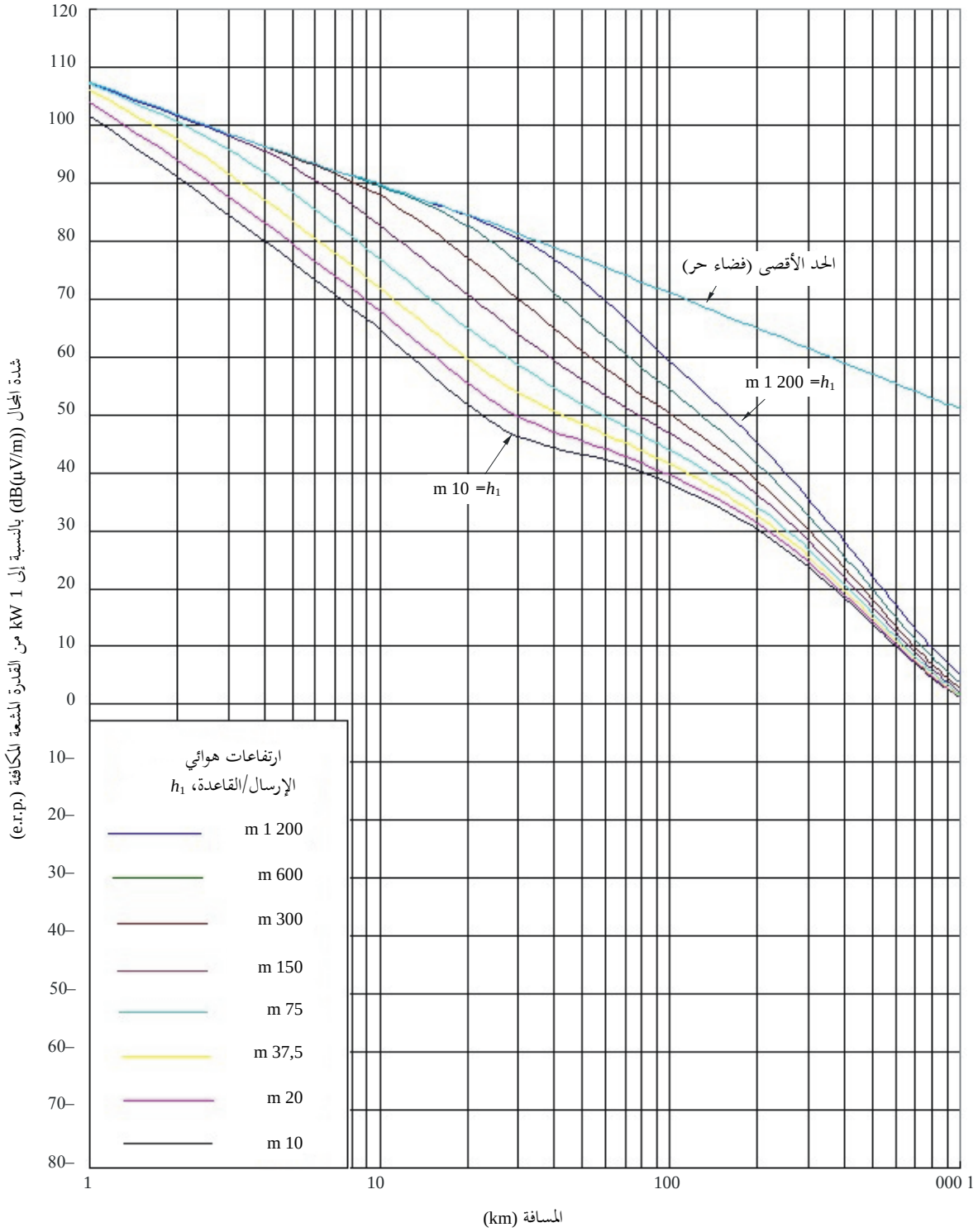
الشكل 7

100 MHz، مسير بحري دافئ، 10% من الوقت



الشكل 8

100 MHz، مسير بحري دافئ، 1% من الوقت



الملحق 3

مدى الترددات من 300 MHz إلى 1 000 MHz

1 ترد منحنيات شدة المجال بالمقارنة مع المسافة في هذا الملحق لتردد قدره 600 MHz. ويمكن استعمال هذه المنحنيات بالنسبة إلى ترددات يتراوح مداها بين 300 MHz و1 000 MHz غير أنه لا بد من تطبيق الإجراء الوارد في الفقرة 6 من الملحق 5 بهدف تحسين الدقة. وينبغي تطبيق نفس الإجراء عند استخدام قيم شدة المجال المجدولة بالمقارنة مع المسافة (انظر الفقرة 3 من الملحق 1).

2 تمثل المنحنيات الواردة في الأشكال من 9 إلى 11 قيم شدة المجال التي تم تجاوزها عند 50% من المواقع في منطقة تغطي 500 m في 500 m تقريباً بالنسبة إلى 50% و10% و1% من الوقت فيما يتعلق بالمسيرات البرية.

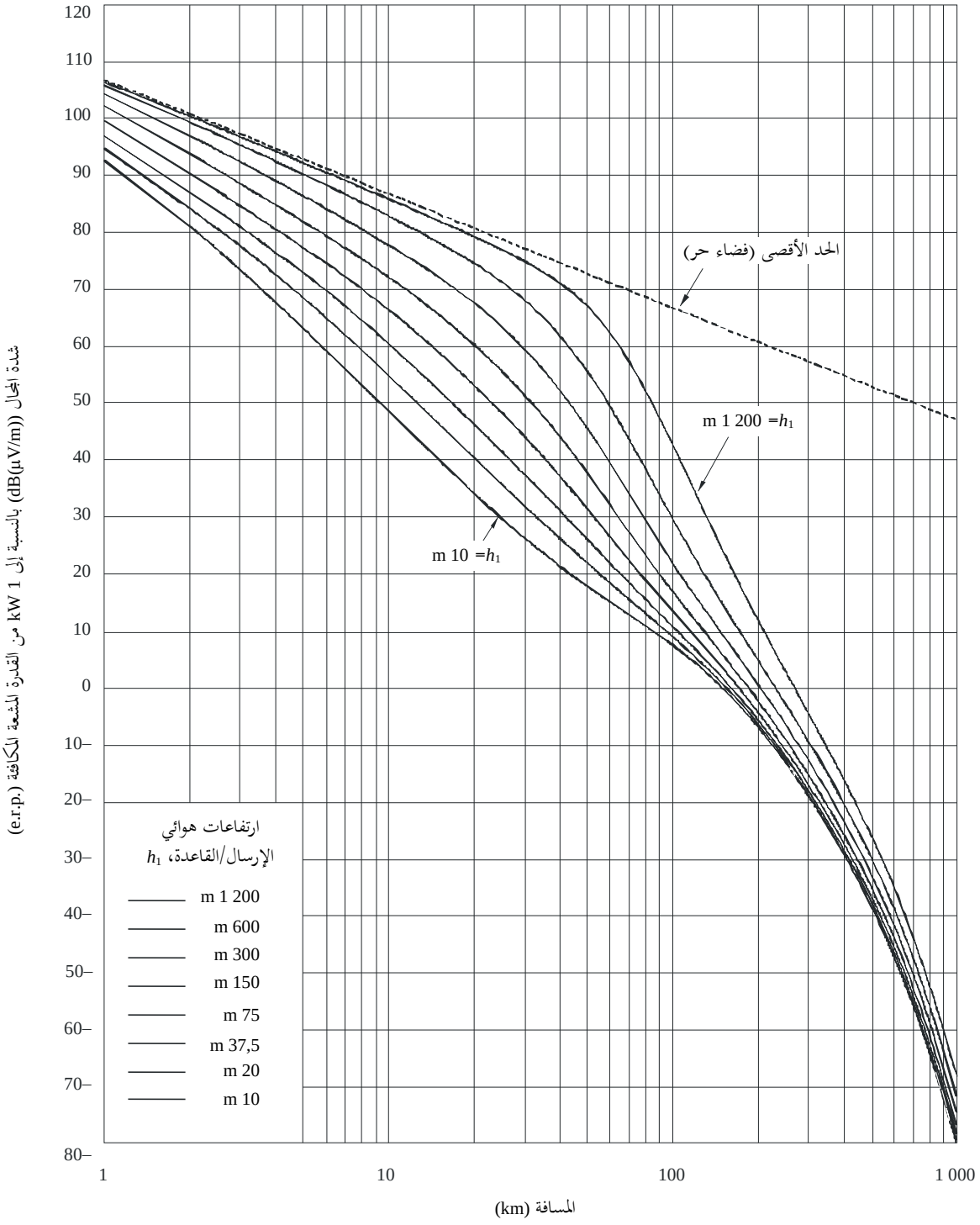
3 يمكن حساب توزيع شدة المجال بحسب النسبة المئوية للموقع باستعمال المعلومات الواردة في الفقرة 12 من الملحق 5.

4 تمثل المنحنيات الواردة في الأشكال من 12 إلى 16 قيم شدة المجال التي تم تجاوزها عند 50% من المواقع وهي تخص 50% و10% و1% من الوقت بالنسبة إلى المسيرات البحرية في البحار الباردة والبحار الساخنة، مثل تلك التي لوحظت في بحر الشمال والبحر المتوسط، على التوالي.

5 ينبغي أن تؤخذ في الحسبان، في المناطق التي تتعرض إلى ظواهر بارزة من ظواهر الانكسار العالي، المعلومات التي تحتوي عليها الفقرة 18 من الملحق 1.

الشكل 9

600 MHz، مسير بري، 50% من الوقت



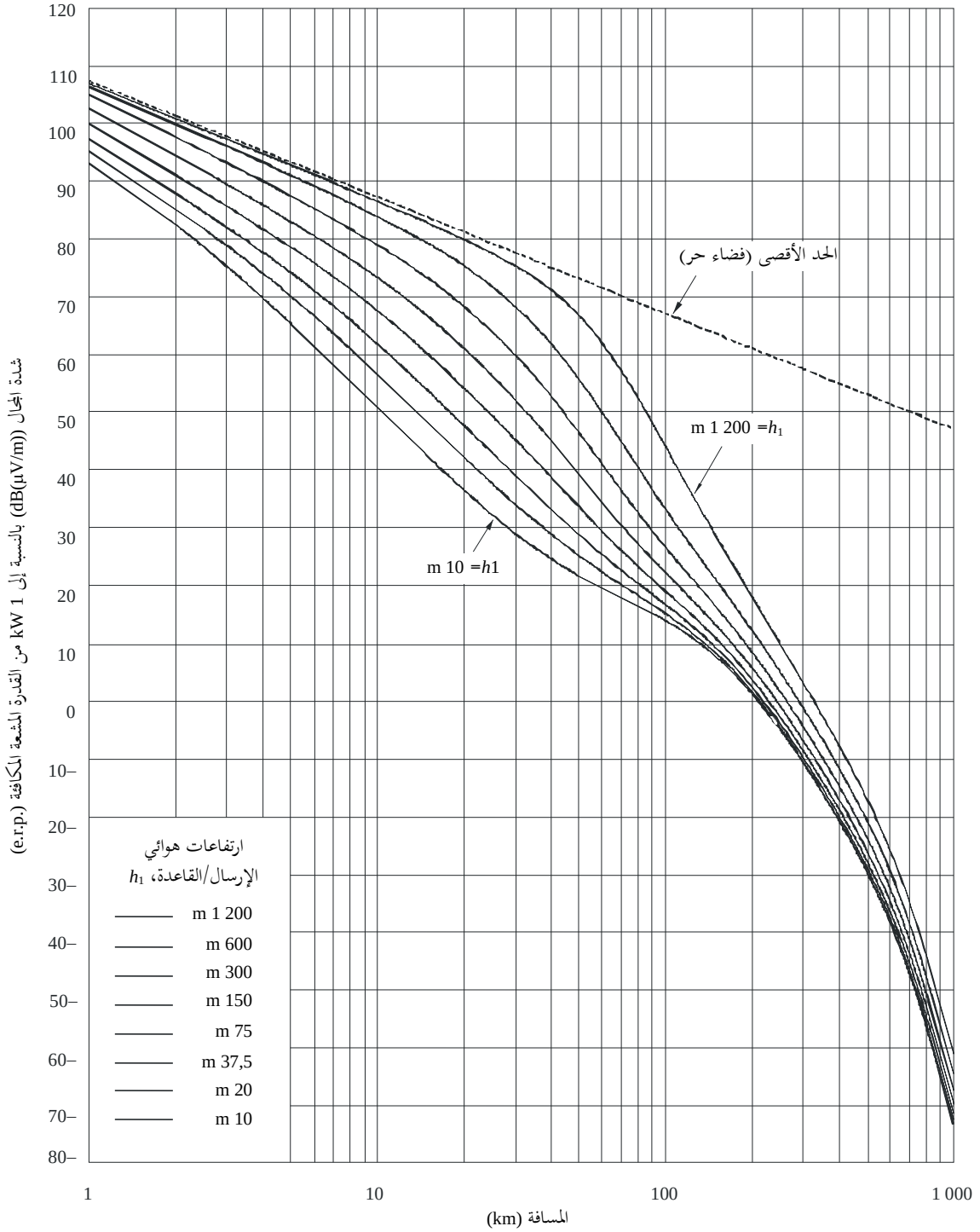
50% من المواقع

h_2 = الارتفاع التمثيلي للعوائق

P.1546-09

الشكل 10

600 MHz، مسير بري، 10% من الوقت



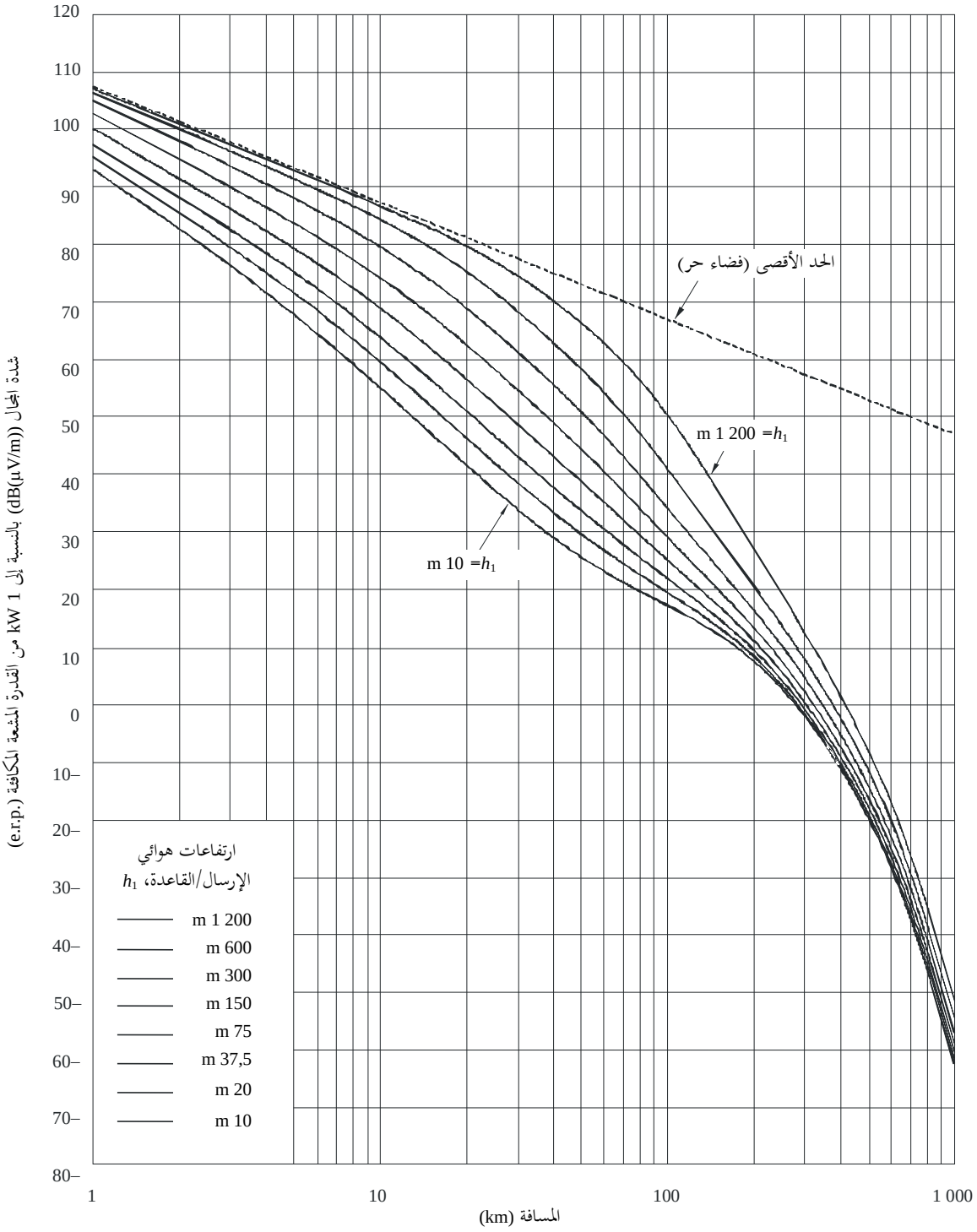
50% من المواقع

h_2 = الارتفاع التمثيلي للعوائق

P.1546-10

الشكل 11

600 MHz، مسير بري، 1% من الوقت



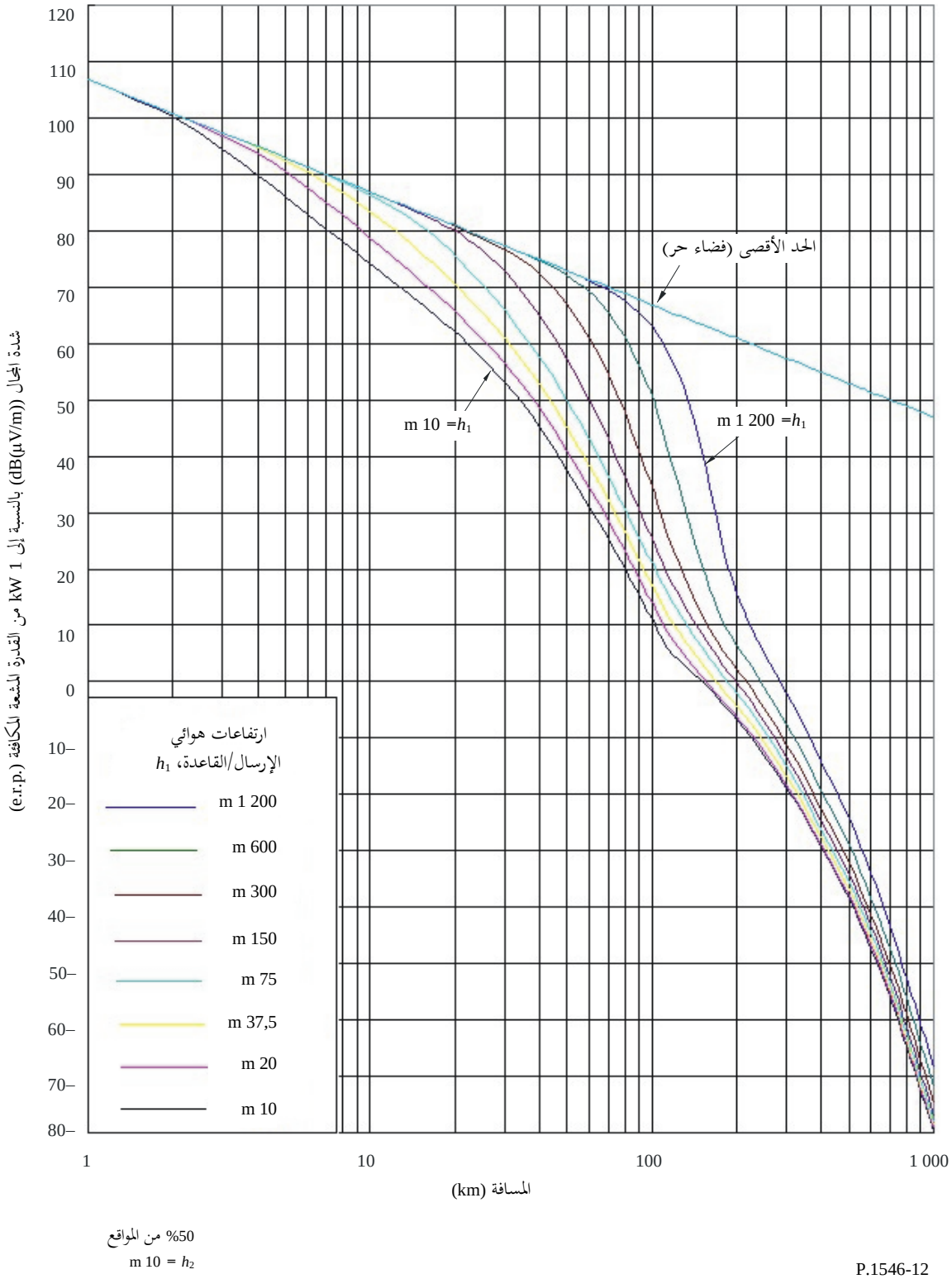
50% من المواقع

h_2 = الارتفاع التمثيلي للعوائق

P.1546-11

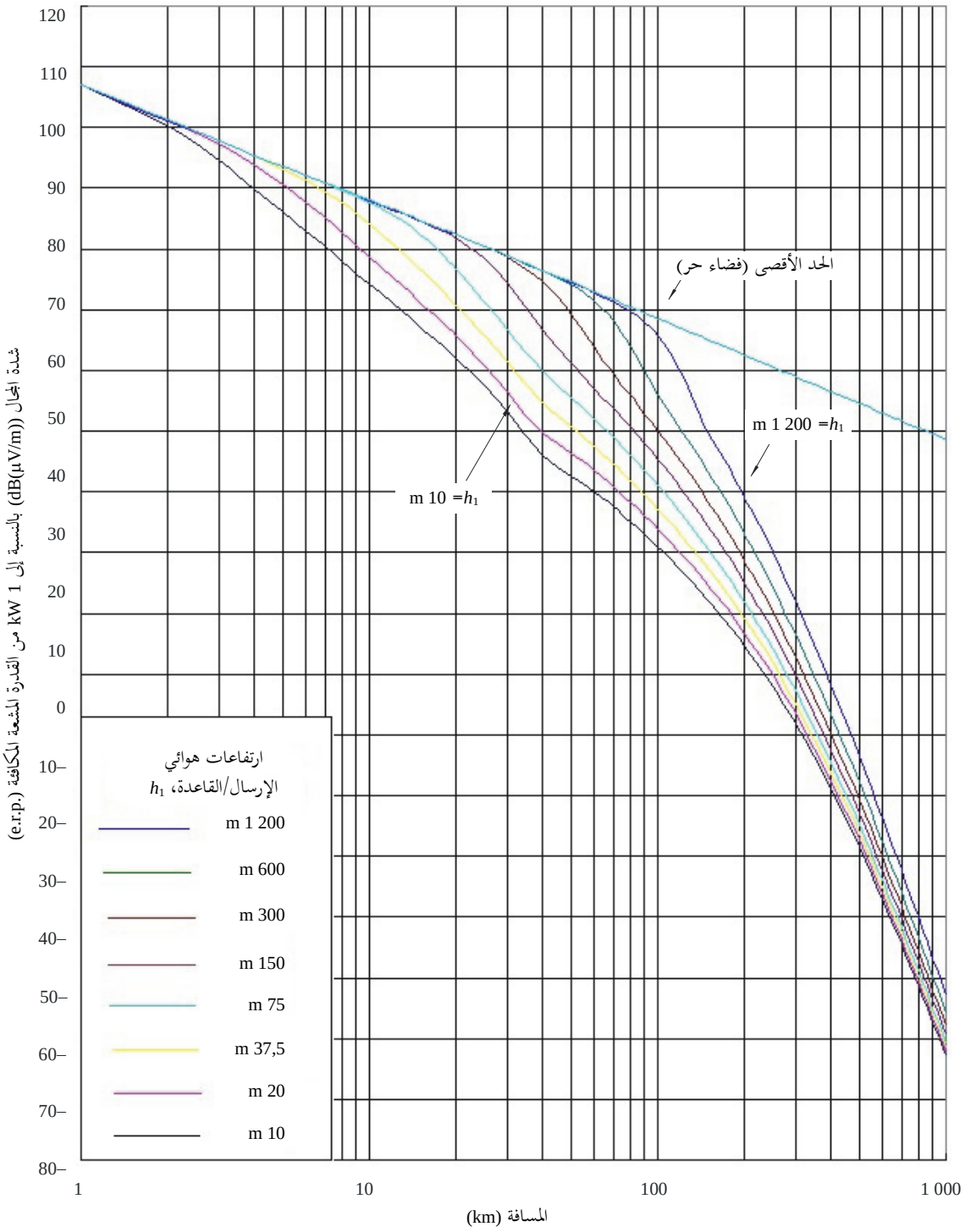
الشكل 12

600 MHz، مسير بحري، 50% من الوقت



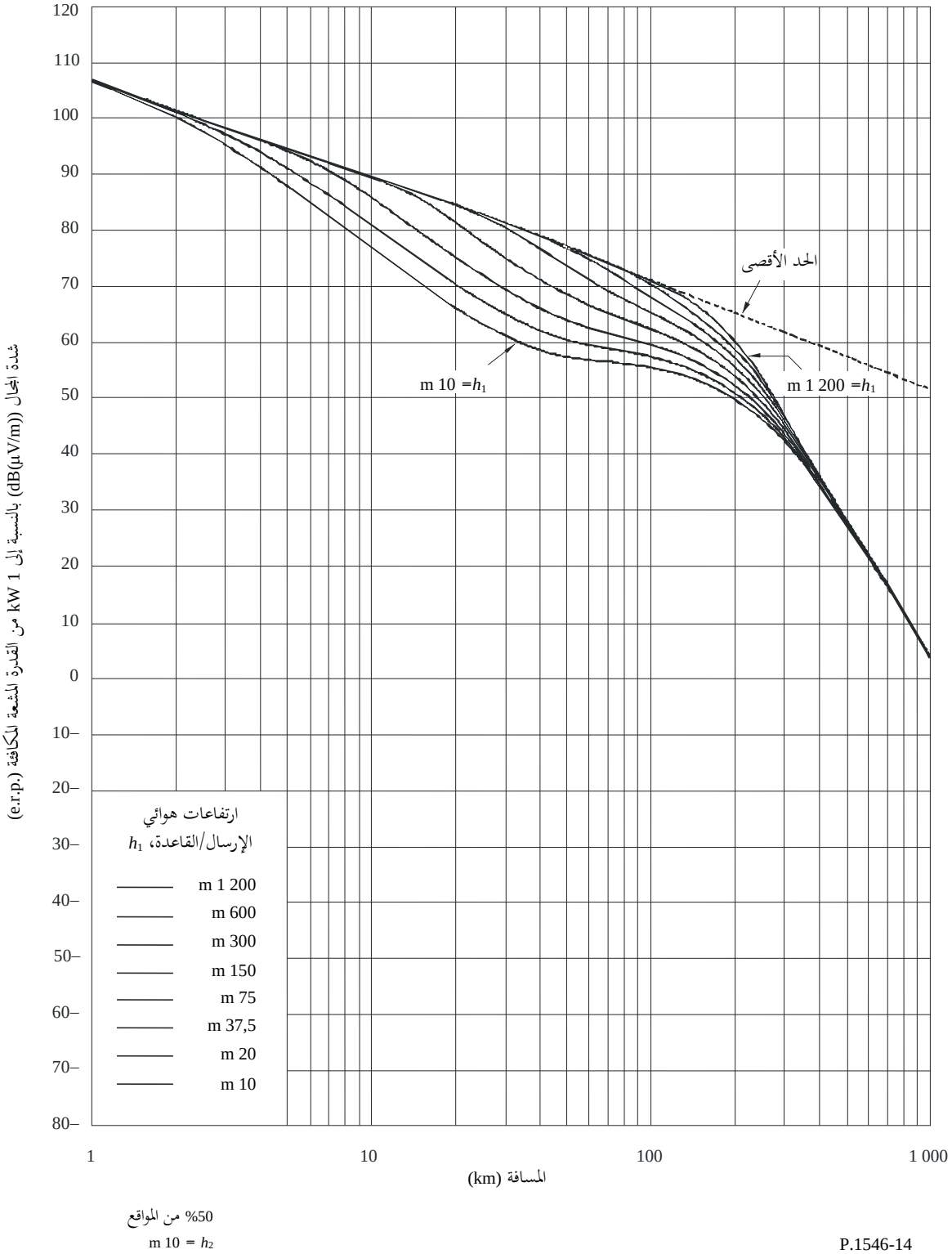
الشكل 13

MHz 600، مسير بحري بارد، 10% من الوقت



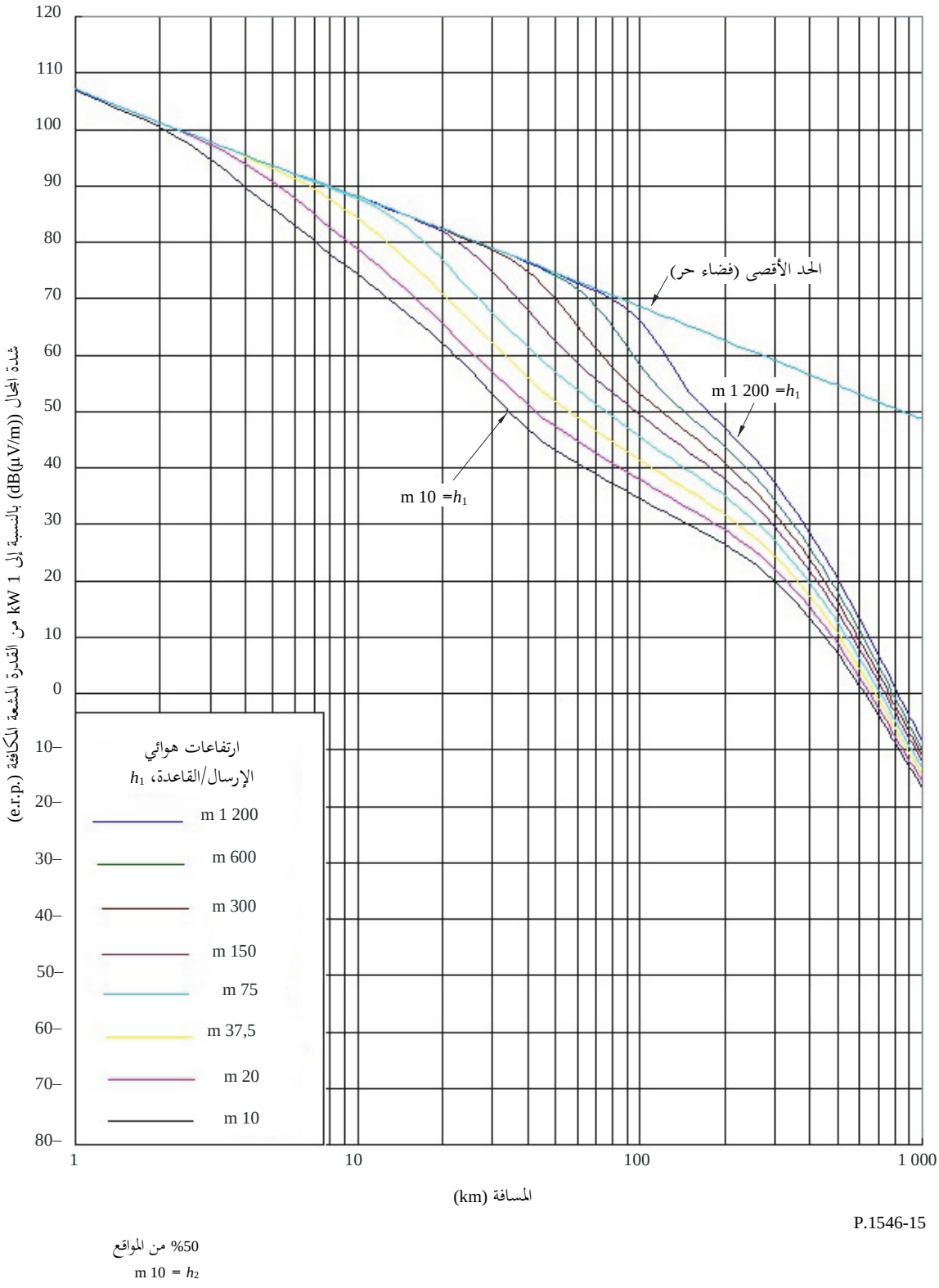
الشكل 14

600 MHz، مسير بحري بارد، 1% من الوقت



الشكل 15

600 MHz، مسير بحري دافئ، 10% من الوقت

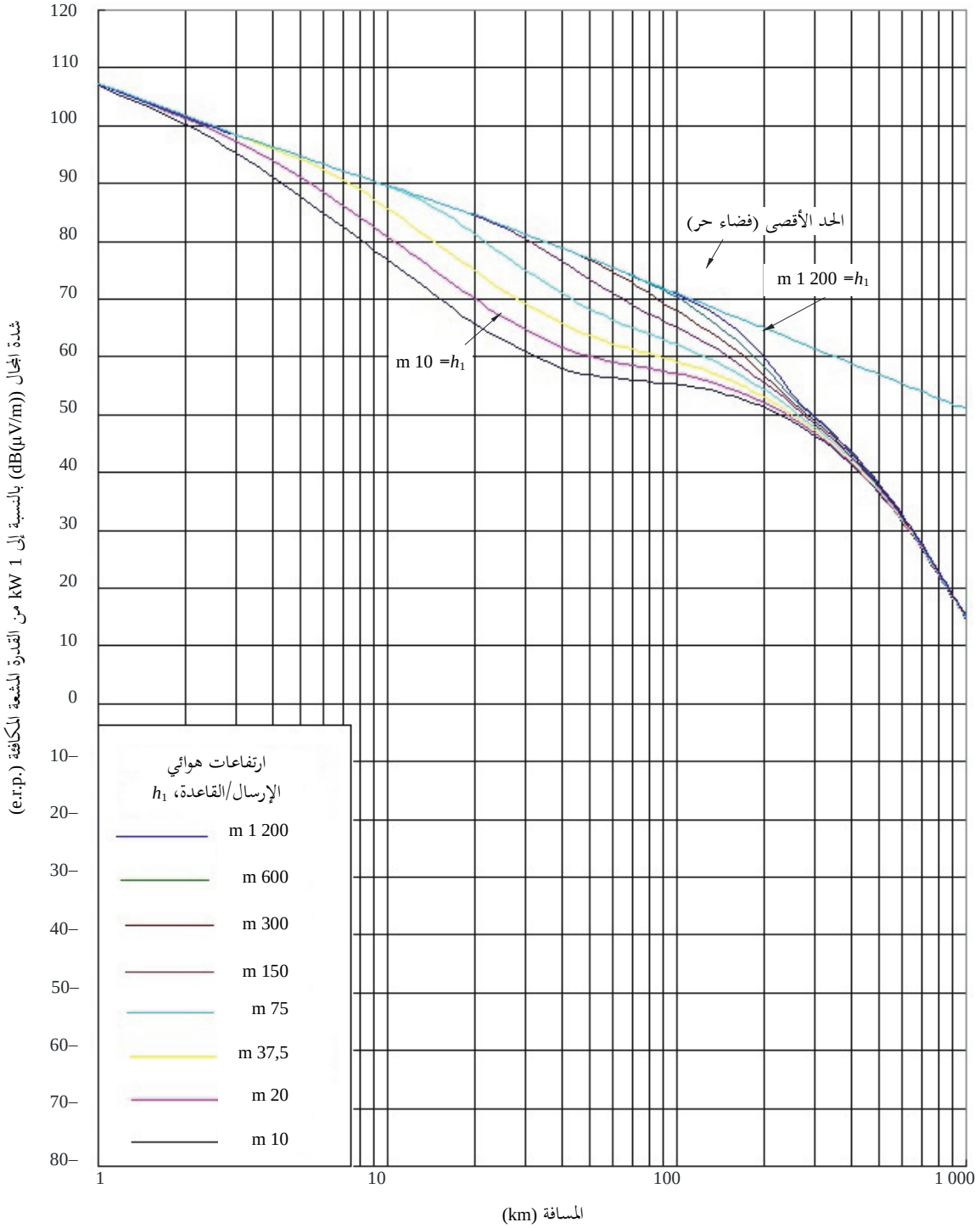


50% من المواقع

m 10 = h_2

الشكل 16

600 MHz، مسير بحري دافئ، 1% من الوقت



الملحق 4

مدى الترددات من 1 000 MHz إلى 3 000 MHz

1 ترد منحنيات شدة المجال بالمقارنة مع المسافة في هذا الملحق لتردد قدره 2 000 MHz. ويمكن استعمال هذه المنحنيات بالنسبة إلى ترددات يتراوح مداها من 1 000 MHz إلى 3 000 MHz غير أنه ينبغي تطبيق الإجراء الذي يرد في الفقرة 6 من الملحق 5 بغية تحسين الدقة. وينبغي تطبيق نفس الإجراء عند استخدام القيم المجدولة لشدة المجال بالمقارنة مع المسافة (انظر الفقرة 3 من الملحق 1).

2 تمثل المنحنيات الواردة في الأشكال من 17 إلى 19 قيم شدة المجال التي تم تجاوزها عند 50% من المواقع في منطقة تغطي 500 m في 500 m تقريباً بالنسبة إلى 50% و10% و1% من الوقت فيما يتعلق بالمسيرات البرية.

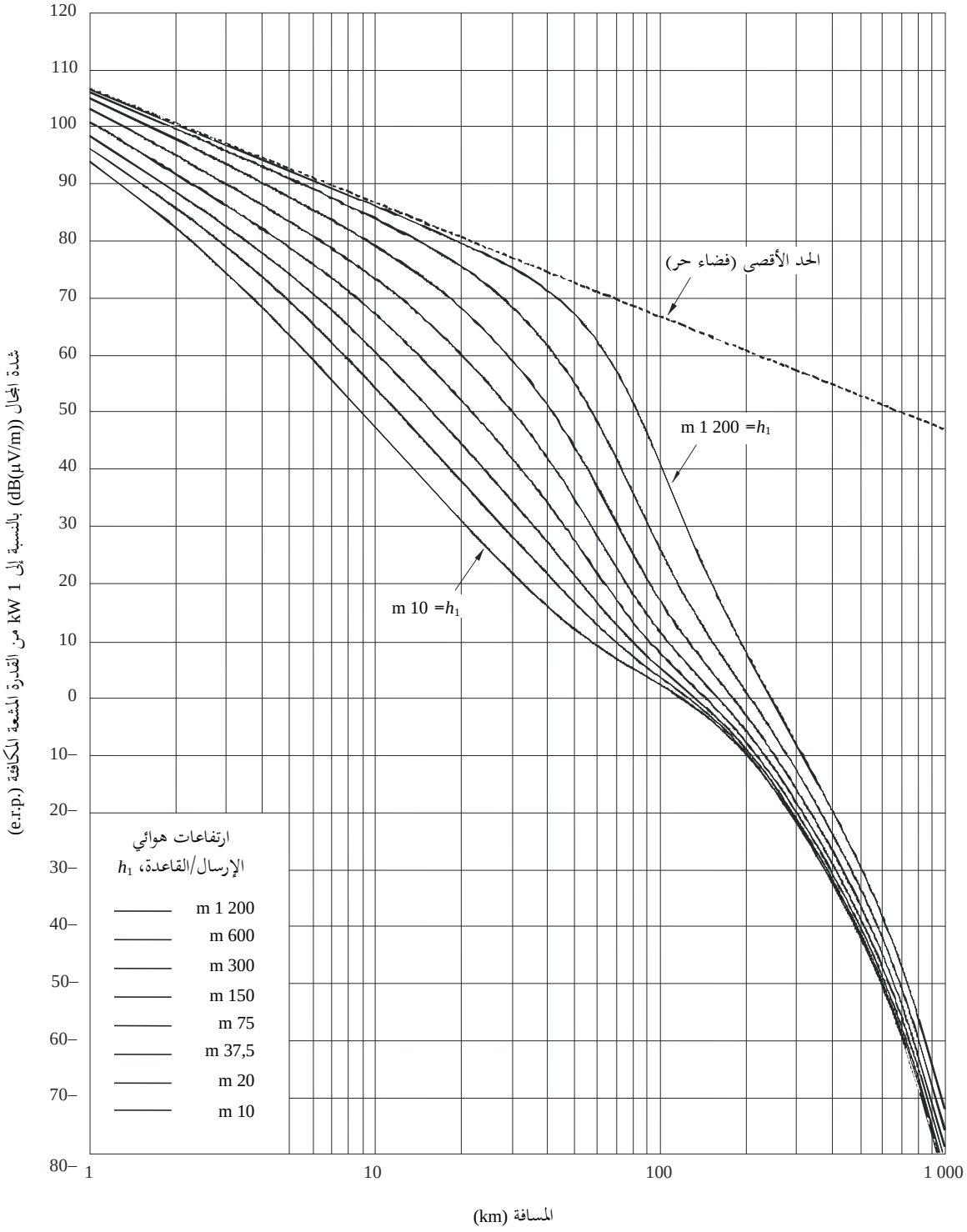
3 يمكن حساب توزيع شدة المجال بحسب النسبة المئوية للموقع باستعمال المعلومات الواردة في الفقرة 12 من الملحق 5.

4 تمثل المنحنيات الواردة في الأشكال من 20 إلى 24 قيم شدة المجال التي تم تجاوزها عند 50% من المواقع وهي تخص 50% و10% و1% من الوقت بالنسبة إلى المسيرات البحرية في البحار الباردة والبحار الساخنة، مثل تلك التي لوحظت في بحر الشمال والبحر المتوسط، على التوالي.

5 ينبغي أن تؤخذ في الحسبان، بالنسبة إلى المناطق التي تتعرض إلى ظواهر بارزة من الانكسار العالي، المعلومات الواردة في الفقرة 18 من الملحق 1.

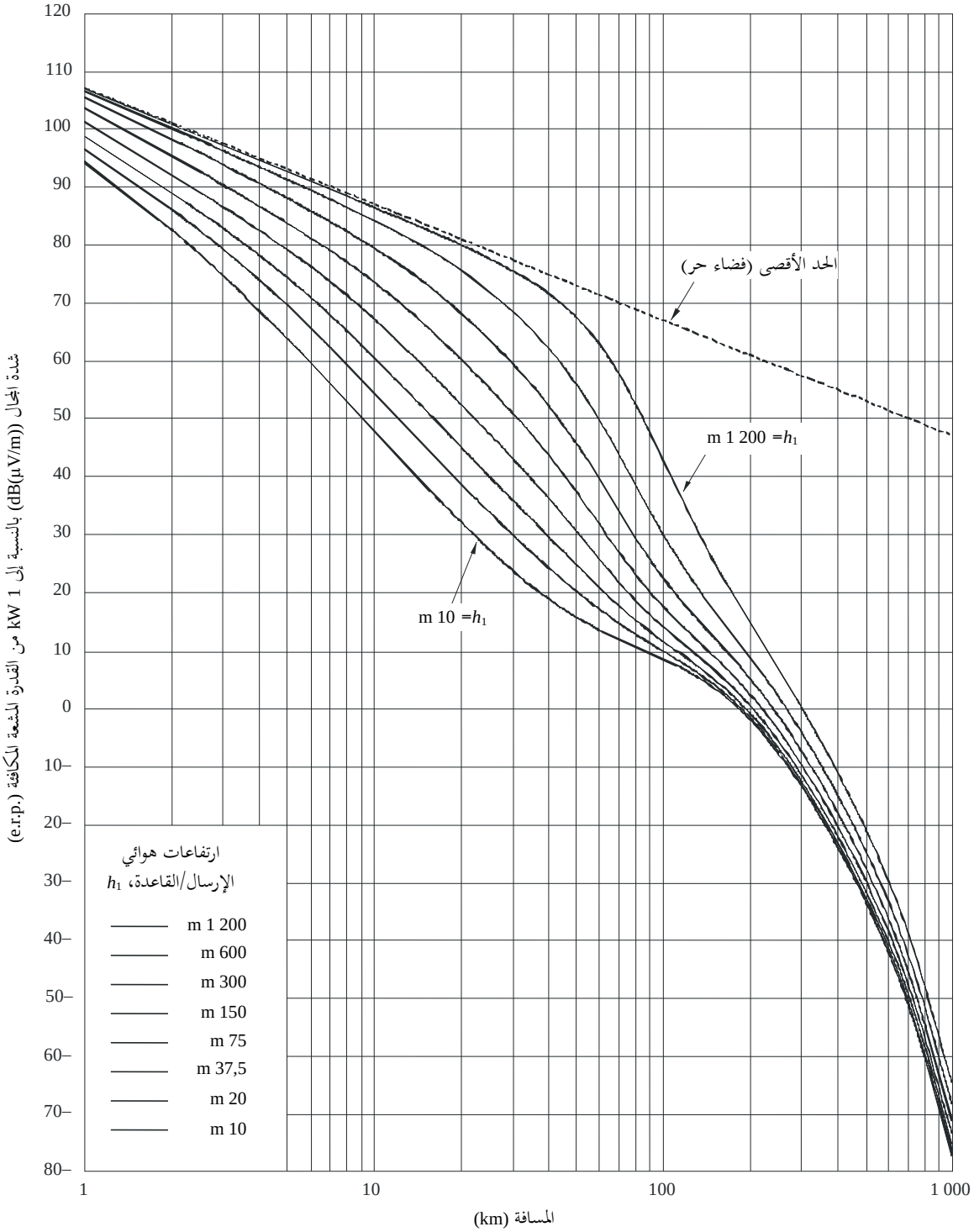
الشكل 17

MHz 2 000، مسير بري، 50% من الوقت



الشكل 18

MHz 2 000، مسير بري، 10% من الوقت



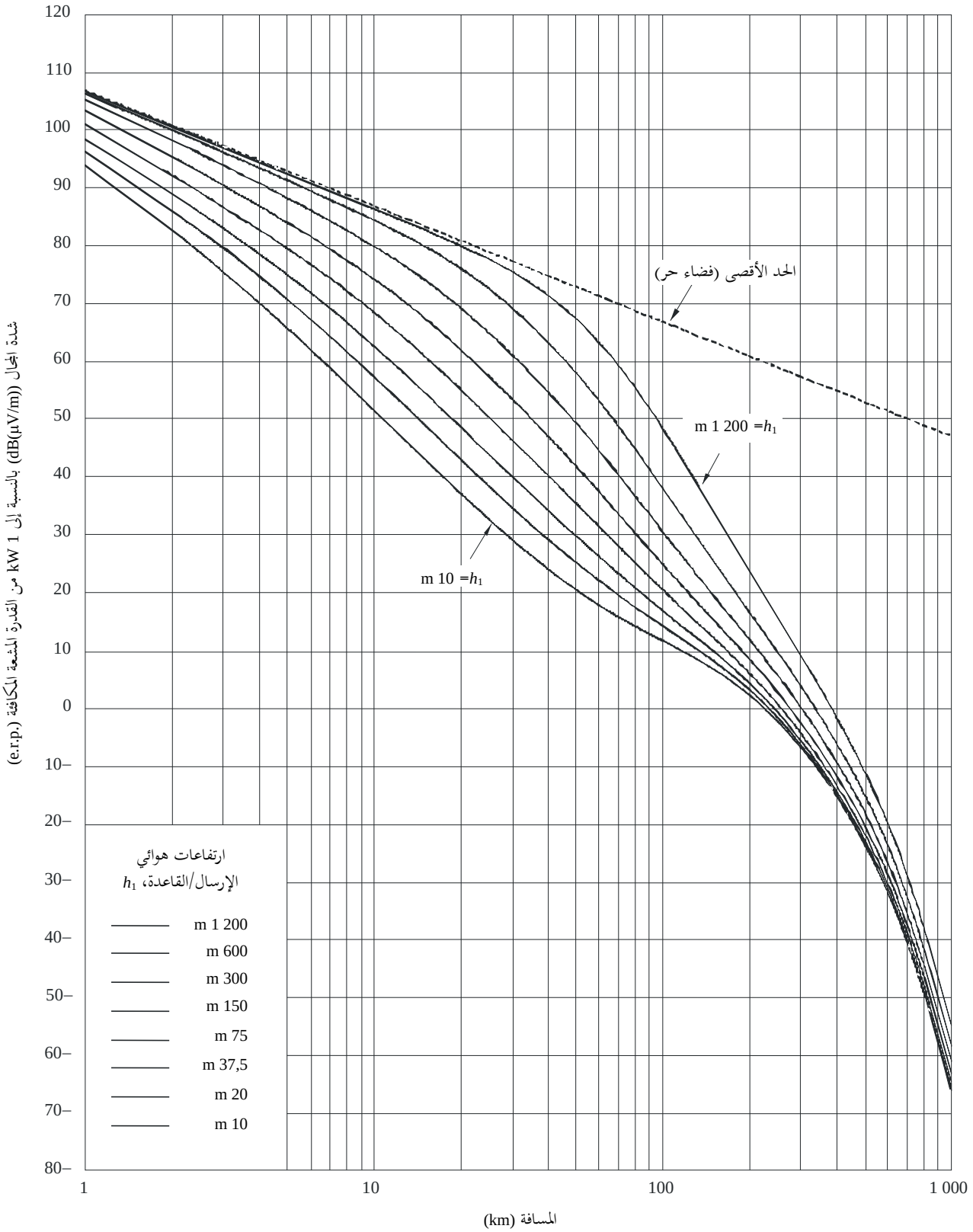
50% من المواقع

h_2= الارتفاع التمثيلي للعوائق

P.1546-18

الشكل 19

MHz 2 000، مسير بري، 1% من الوقت



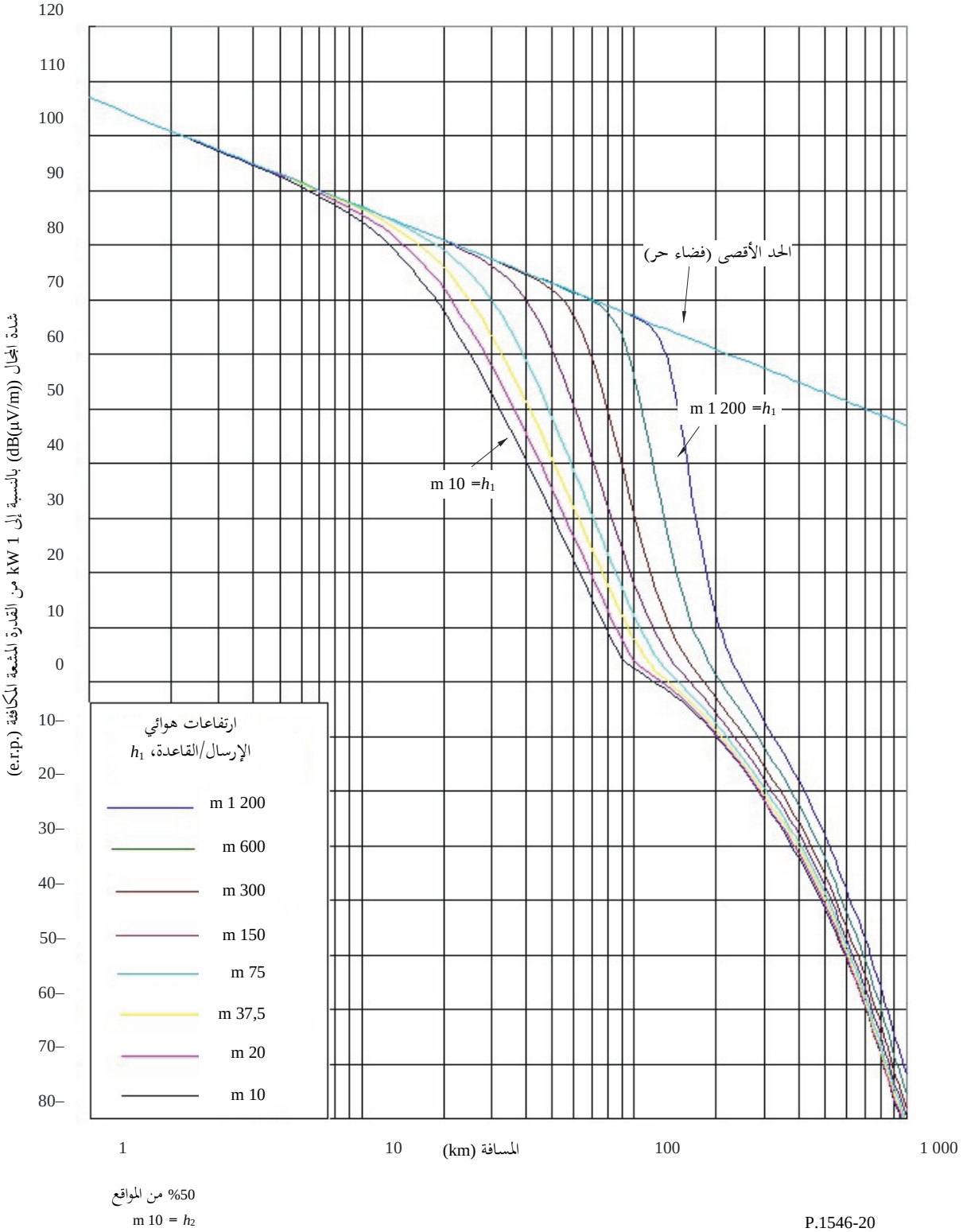
50% من المواقع

h_2= الارتفاع التمثيلي للعوائق

P.1546-19

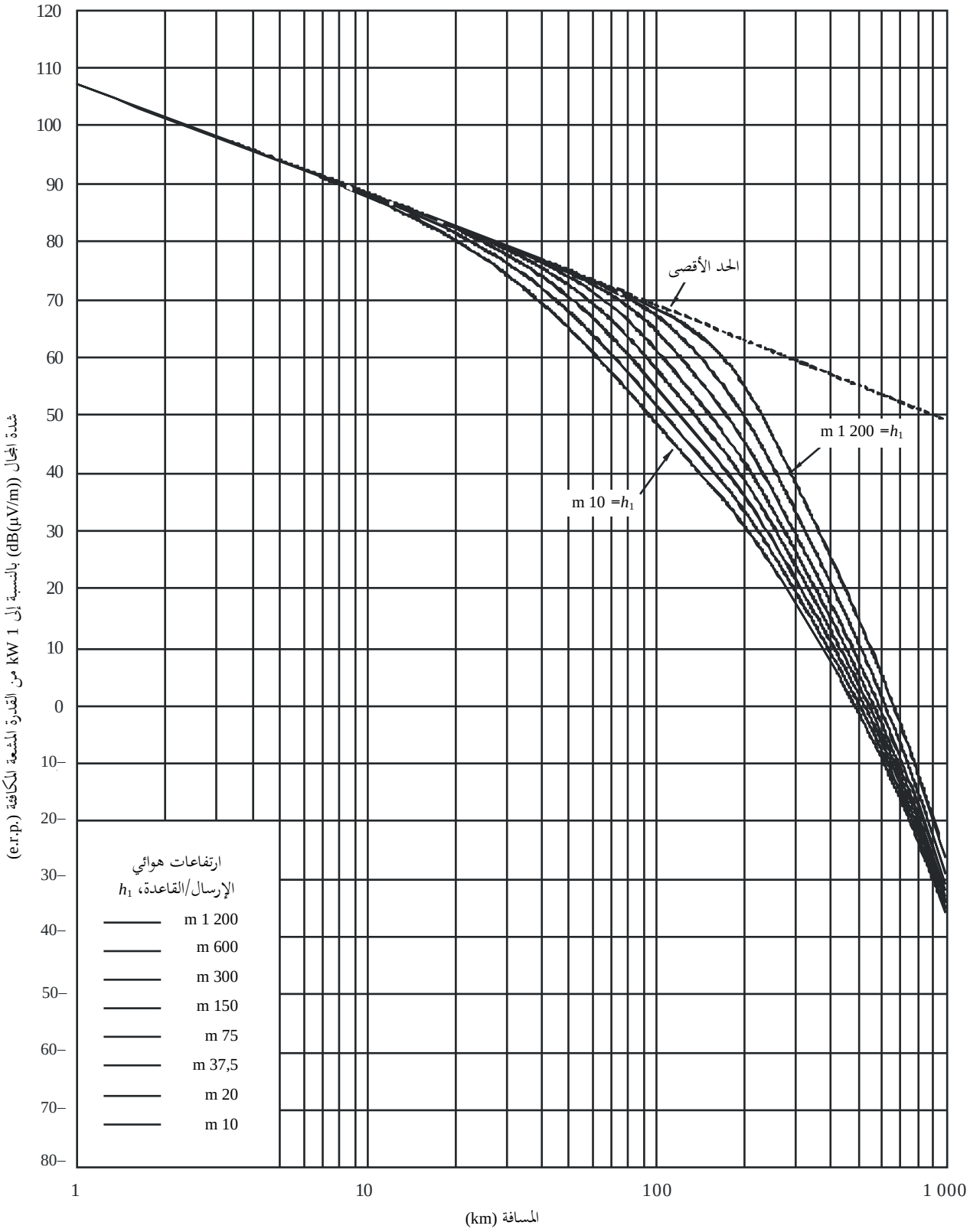
الشكل 20

MHz 2 000، مسير بحري، 50% من الوقت



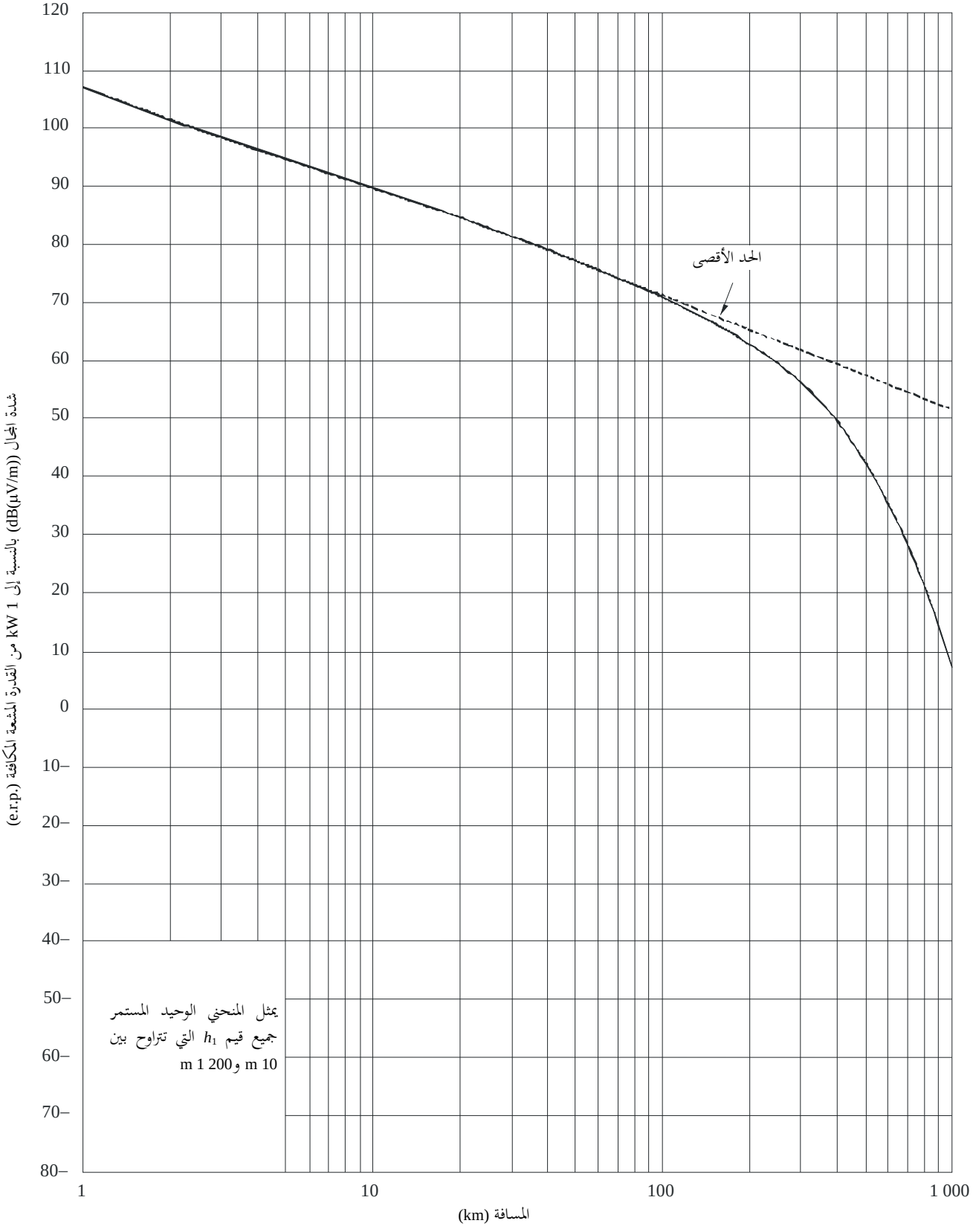
الشكل 21

MHz 2 000، مسير بحري بارد، 10% من الوقت



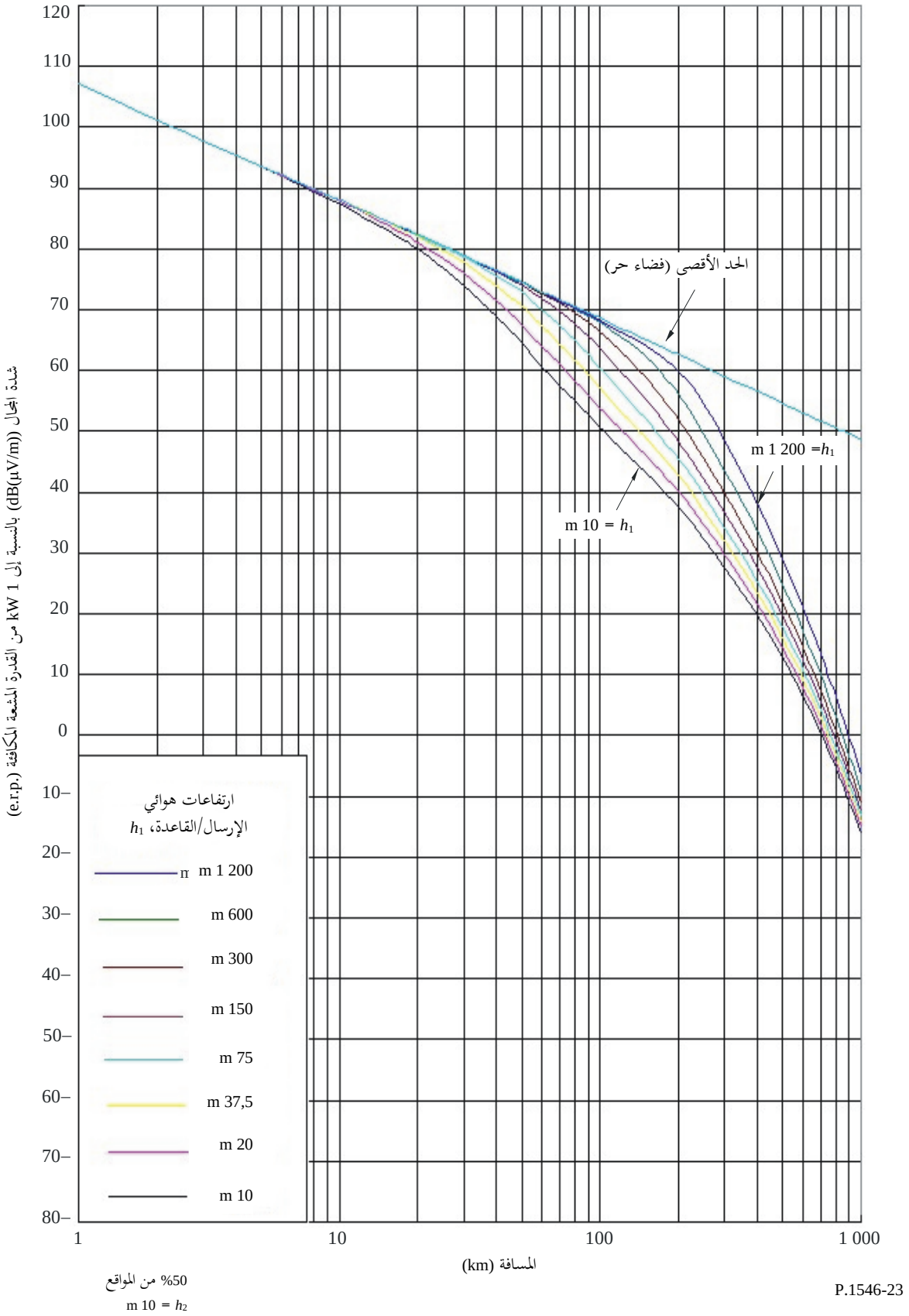
الشكل 22

MHz 2 000، مسير بحري بارد، 1% من الوقت



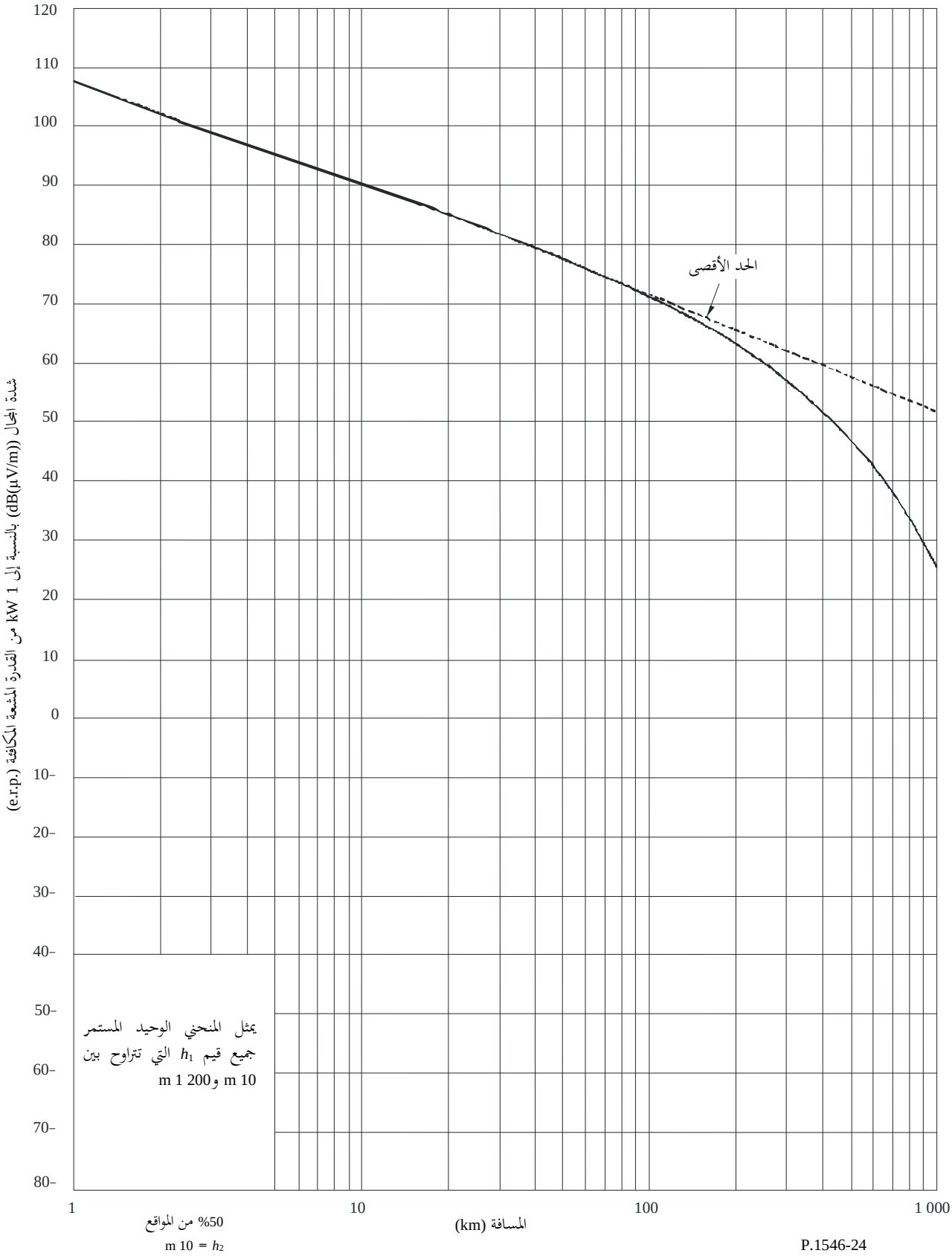
الشكل 23

MHz 2 000، مسير بحري دافئ، 10% من الوقت



الشكل 24

MHz 2 000، مسير بحري دافئ، 1% من الوقت



الملحق 5

معلومات إضافية وطرائق تنفيذ طريقة التنبؤ

1 المقدمة

يصف هذا الملحق مختلف مراحل الحساب دون إيرادها وفق ترتيب الحساب بالضرورة. ويحتوي الملحق **6** على وصف تدرجي للطريقة التي ينبغي أن تُتتبع بأكملها.

وتصف الفقرات من 2 إلى **7** كيفية استخلاص شدة المجال انطلاقاً من عائلات المنحنيات مع استعمال استكمال داخلي بالنسبة إلى المسافة h_1 والتردد والنسبة المئوية من الوقت. وتصف الفقرة 8 كيفية تركيب شدة المجال بالنسبة إلى مسير مختلط بر – بحر. بينما تصف الفقرات من 9 إلى 14 التصحيحات التي يمكن إضافتها إلى تنبؤات شدة المجال طلباً للمزيد من الدقة. وتصف الفقرة 15 الطريقة المتبعة للمسافات الأفقية التي تقل عن 1 km. وتحتوي الفقرات من 16 إلى 18 على معلومات إضافية.

1.1 تعيين المطاريف

لا تخضع هذه التوصية للمعاملة بالمثل فيما يتعلق بتعيين محطة الإرسال/القاعدة ومحطة/مطراف المستقبل/المتنقل. وعند استخدام هذه التوصية في حساب التغطية لمحطات الإذاعة و/أو من القاعدة إلى المتنقلة أو لأغراض التنسيق بين هذه المحطات فإنه ينبغي التعامل مع محطة الإرسال/القاعدة الفعلية على أنها محطة "الإرسال/القاعدة". أما في الحالات الأخرى حيث لا يوجد سبب مسبق لاعتبار أي مطراف محطة "إرسال/قاعدة"، فإن عملية انتقاء المطراف وتعيينه كمحطة "إرسال قاعدة" لأغراض هذه التوصية تتم على النحو التالي:

أ) إذا كان المطرافان عند أو تحت سوية الجلبة في جوار كل منهما، ينبغي أن يعامَل المطراف ذو الارتفاع الأعلى فوق الأرض كمحطة إرسال/قاعدة؛

ب) إذا كان أحد المطرافين في موقع مفتوح أو فوق سوية الجلبة المحيطة بينما المطراف الآخر عند أو تحت سوية الجلبة، فإنه ينبغي اعتبار المطراف المفتوح/فوق الجلبة، على أنه محطة "إرسال/قاعدة"؛

ج) إذا كان المطرافان مفتوحين/فوق سوية الجلبة، فإن المطراف ذا الارتفاع الفعلي الأكبر يعتبر محطة "الإرسال/القاعدة".

2 قيم شدة المجال القصوى

يجب ألا تتجاوز شدة المجال القيمة القصوى، E_{max}، المعطاة بواسطة:

بالنسبة إلى مسيرات برية $E_{max} = E_{fs}$ dB(μV/m) (1a)

بالنسبة إلى مسيرات بحرية $E_{max} = E_{fs} + E_{se}$ dB(μV/m) **(**1b)

حيث تمثل E_{fs} شدة المجال في الفضاء الحر بالنسبة إلى 1 kW من القدرة المشعة المكافئة وتُعطى بواسطة العلاقة:

$$E_{fs} = 106{,}9 - 20 \log (d) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{2}$$

وE_{se} هي تعزيز المنحنيات بالنسبة إلى المسيرات البحرية الذي يعطى بواسطة:

$$E_{se} = 2{,}38 \{1 - \exp(-d / 8{,}94)\} \log(50/t) \quad \text{dB} \tag{3}$$

حيث:

d: المسافة **(**km)

t: النسبة المئوية من الوقت.

ولا يجوز، من حيث المبدأ، لأي تصحيح يزيد من شدة المجال إنتاج قيم تفوق هذه الحدود بالنسبة إلى عائلة المنحنيات والمسافات المعنية. بيد أن الاقتصار على قيم قصوى يجب أن ينطبق فقط على الحالات المشار إليها في الملحق 6.

3 تحديد ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، h_1

يتوقف ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، h_1، الذي يتعين استعماله في الحسابات على نمط وطول المسير وعلى عناصر أخرى تخص معلومات الارتفاع، التي قد لا تكون متيسرة كلها.

وتمثل h_1 بالنسبة إلى المسيرات البحرية ارتفاع الهوائي فوق مستوى سطح البحر.

ويُعرّف الارتفاع الفعال لهوائي الإرسال/القاعدة، h_{eff}، بالنسبة إلى المسيرات البرية، بوصفه ارتفاعاً يُعبر عنه بالأمتار فوق السوية المتوسطة للأرض بين مسافات تتراوح بين 3 و15 km انطلاقاً من هوائي الإرسال/القاعدة في اتجاه هوائي الاستقبال/المتنقل. وعندما تكون قيمة الارتفاع الفعال لهوائي الإرسال/القاعدة، h_{eff}، غير معلومة، يجب تقدير هذه القيمة انطلاقاً من المعطيات الجغرافية العامة.

ويجب الحصول على قيمة h_1 التي يتعين استعمالها في الحسابات باستعمال الطريقة الواردة في الفقرات 1.3، أو 2.3 أو 3.3 حسب الاقتضاء.

1.3 مسيرات برية أقل من 15 km

ينبغي استعمال إحدى الطريقتين التاليتين، بالنسبة إلى المسيرات البرية التي تقل عن 15 km:

1.1.3 عدم تيسر المعطيات المتعلقة بالتضاريس الأرضية

في حالة عدم تيسر المعطيات المتعلقة بالتضاريس الأرضية عند التنبؤ بالانتشار تحسب قيمة h_1 وفقاً لطول المسير d على النحو التالي:

$$h_1 = h_a \text{ m} \quad \text{بالنسبة إلى} \quad d \le 3 \text{ km} \tag{4}$$

$$h_1 = h_a + (h_{eff} - h_a)(d - 3) / 12 \text{ m} \quad \text{بالنسبة إلى} \quad 3 \text{ km} < d < 15 \text{ km} \tag{5}$$

حيث h_a هي ارتفاع الهوائي فوق الأرض (ارتفاع البرج، مثلاً).

2.1.3 تيسر المعطيات المتعلقة بالتضاريس الأرضية

في حالة تيسر المعطيات المتعلقة بالتضاريس الأرضية عند التنبؤ بالانتشار تعطى قيمة h_1 بواسطة:

$$h_1 = h_b \text{ m} \tag{6}$$

حيث h_b هي ارتفاع الهوائي فوق ارتفاع التضاريس الأرضية المتوسطة بين 0,2 d وd km. ويُلاحظ أنه من الممكن أن يطرأ عند استعمال هذه الطريقة لتحديد h_1، نمذجة غير رتيبة في قيم شدة المجال المتوقعة والواقعة على مسافة أكثر من 15 km. ونظراً لاحتمال حدوث ذلك في الواقع قد يكون ذلك نمذجة غير مرغوب فيها في بعض التطبيقات. لذا يجب تفادي النمذجة غير الرتيبة وينبغي أن تكون القيمة h_1 قيمة ثابتة تتماشى وهذه الحالات.

2.3 مسيرات أرضية تبلغ 15 km أو أكثر

بالنسبة إلى هذه المسيرات:

$$h_1 = h_{eff} \text{ m} \tag{7}$$

3.3 مسيرات بحرية

تمثل المعلمة h_1 بالنسبة إلى مسير بحري بالكامل الارتفاع المادي للهوائي فوق مستوى سطح البحر. ولا يمكن الاعتماد على هذه التوصية في حالة مسير بحري بالنسبة إلى قيم h_1 أقل من 3 m وينبغي مراعاة حد أدنى مطلق يبلغ 1 m.

4 تطبيق ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، h_1

تحدد قيمة h_1 المنحني أو المنحنيات التي يتم اختيارها والتي يتم انطلاقاً منها الحصول على قيم شدة المجال، والاستكمال الداخلي أو الاستكمال الخارجي الذي قد يكون ضرورياً. ويجري التمييز بين الحالات التالية:

1.4 ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، h_1، في مدى يتراوح بين 10 و3 000 m

إذا تطابقت قيمة h_1 مع واحد من الارتفاعات الثمانية التي أعدت هذه المنحنيات بالاستناد إليها، أي: 10 أو 20 أو 37,5 أو 75 أو 150 أو 300 أو 600 أو 1 200 m، يمكن الحصول على قيمة شدة المجال المطلوبة مباشرة من المنحنيات أو من الجداول ذات الصلة. وفي الحالات الأخرى، ينبغي استكمال قيمة شدة المجال المطلوبة داخلياً أو خارجياً انطلاقاً من شدة المجال التي يُحصل عليها انطلاقاً من المنحنيين باستعمال:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log (h_1 / h_{inf}) / \log (h_{sup} / h_{inf}) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{8}$$

حيث:

h_{inf}: 600 m if $h_1 > 1\,200$ m، أو الارتفاع الفعّال الاسمي الأقرب تحت h_1 في الحالات الأخرى

h_{sup}: 1 200 m if $h_1 > 1\,200$ m، أو الارتفاع الفعال الاسمي الأقرب فوق h_1 في الحالات الأخرى

E_{inf}: قيمة شدة المجال بالنسبة إلى h_{inf} عند المسافة المطلوبة

E_{sup}: قيمة شدة المجال بالنسبة إلى h_{sup} عند المسافة المطلوبة.

يجب عند الضرورة تحديد شدة المجال الناتجة عن الاستكمال الخارجي بالنسبة إلى $h_1 > 1\,200$ m كي لا تتجاوز الحد الأقصى الذي يرد تعريفه في الفقرة 2.

لا تصح هذه التوصية بالنسبة إلى $h_1 > 3\,000$ m.

2.4 ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، h_1، في مدى يتراوح بين 0 و10 m

حينما تكون h_1 أقل من 10 m تتوقف الطريقة على طبيعة المسير، أي تتوقف على ما إذا كان المسير برياً أو بحرياً.

بالنسبة إلى مسير بري:

تحسب شدة المجال للمسافة المطلوبة d km للحالة $0 \leq h_1 < 10$ m باستعمال:

$$E = E_{zero} + 0{,}1\, h_1 (E_{10} - E_{zero}) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{9}$$

حيث:

$$E_{zero} = E_{10} + 0{,}5 (C_{1020} + C_{h1neg10}) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{9a}$$

$$C_{1020} = E_{10} - E_{20} \quad \text{dB} \tag{9b}$$

$C_{h1neg10}$: التصحيح dB C_{h1} محسوب باستعمال المعادلة **(12)** الواردة في الفقرة 3.4 أدناه عند المسافة المطلوبة لـ $h_1 = 10$ m–

E_{10} وE_{20}: شدتا المجال بالوحدات dB(μV/m) محسوبتين وفقاً للفقرة 1.4 أعلاه عند المسافة المطلوبة لـ h_1 = 10 m وh_1 = 20 m على التوالي.

يلاحظ أن التصحيحين C_{1020} و$C_{h1neg10}$ ينبغي أن يساويا مقدارين سالبين.

بالنسبة إلى مسير بحري:

تجدر الإشارة بالنسبة إلى مسير بحري إلى أن h_1 لا ينبغي لها أن تقل عن 1 m. ويتطلب الإجراء معرفة المسافة التي يكشف عندها المسير عن خلوص يساوي بالتدقيق 0,6 من منطقة فرينل الأولى بالمقارنة مع سطح البحر. وتُعطَى هذه المسافة بواسطة:

$$D_{h1} = D_{06}(f, h_1, 10) \quad \text{km} \tag{10a}$$

حيث ***f*** التردد الاسمي (MHz) ويرد تعريف الدالة D_{06} في الفقرة 17.

ومن الضروري أيضاً، إذا كانت $d > D_{h1}$، حساب مسافة الخلوص عند 0,6 من منطقة فرينل الأولى بالنسبة إلى مسير بحري حيث يساوي ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة القيمة 20 m، وتعطى هذه المسافة بواسطة:

$$D_{20} = D_{06}(f, 20, 10) \quad \text{km} \tag{10b}$$

وبالتالي، تعطى شدة المجال بالنسبة إلى المسافة المطلوبة d وقيمة h_1، بواسطة:

$$E = E_{max} \quad \text{dB(μV/m)} \quad \text{for} \quad d \le D_{h1} \tag{11a}$$

$$= E_{Dh1} = (E_{D20} - E_{Dh1}) \log(d / D_{h1}) / \log(D_{20} / D_{h1}) \quad \text{dB(μV/m)} \quad \text{for} \quad D_{h1} < d < D_{20} \tag{11b}$$

$$= E'(1 - F_S) + E'' F_S \quad \text{dB(μV/m)} \quad \text{for} \quad d \ge D_{20} \tag{11c}$$

حيث:

E_{max}: أقصى شدة للمجال عند المسافة المطلوبة الواردة في الفقرة 2

E_{Dh1}: E_{max} بالنسبة إلى المسافة D_{h1} كما ترد في الفقرة 2.

E_{D20} = $E_{10}(D_{20})$ + + $(E_{20}(D_{20}) - E_{10}(D_{20}))$ log $(h_1/10)$/log (20/10)

$E_{10}(x)$: شدة المجال بالنسبة إلى h_1 = 10m، مستكملة داخلياً بالنسبة إلى المسافة x

$E_{20}(x)$: شدة المجال بالنسبة إلى h_1 = 20 m، مستكملة داخلياً بالنسبة إلى المسافة x

E': $E_{10}(d)$ + $(E_{20}(d) - E_{10}(d))$ log $(h_1/10)$/log (20/10)

E'': شدة المجال بالنسبة إلى المسافة d محسوبة بواسطة المعادلة **(9)**

F_S: $(d - D_{20})/d$.

3.4 قيم ارتفاع سالبة لهوائي الإرسال/القاعدة، h_1

من الممكن، فيما يتعلق بالمسيرات الأرضية، أن تكون قيمة الارتفاع الفعال لهوائي الإرسال/القاعدة h_{eff} سالبة، طالما أنها تستند إلى الارتفاع المتوسط للأرض عند مسافات تتراوح بين 3 و15 km. وهكذا، يمكن لقيمة h_1 أن تكون سالبة. وفي هذه الحالة، يتعين أن يؤخذ في الحسبان تأثير الانعراج عند المرور قرب عوائق التضاريس الأرضية.

ويتمثل الإجراء الذي يتعين تطبيقه عندما تكون قيم h_1 سالبة في الحصول على شدة المجال بالنسبة إلى h_1 = 0 كما يرد وصف ذلك في الفقرة 2.4 وفي إضافة تصحيح C_{h1} يُحسب كالتالي:

ويُؤخذ في الحسبان أثر خسارة الانعراج بواسطة تصحيح، C_{h1} الوارد في الحالتين أ) وب)، والذي يُحسب كالآتي:

أ) في حالة تيسر قاعدة بيانات تخص التضاريس الأرضية، ينبغي أن تُحسب زاوية خلوص للأرض θ_{eff1}، انطلاقاً من هوائي الإرسال/القاعدة بوصفها زاوية الارتفاع لخط يزيل كل عوائق التضاريس الأرضية على مسافة قدرها 15 km انطلاقاً من هوائي الإرسال/القاعدة في اتجاه هوائي الاستقبال/المتنقل (وليس أبعد من ذلك). ويجب استعمال زاوية الخلوص التي ستكون قيمتها موجبة، بدلاً من θ_{tca} في المعادلة (32c) في طريقة تصحيح زاوية خلوص للأرض الواردة في الفقرة 11 للحصول على C_{h1}. يلاحظ أن استعمال هذه الطريقة قد يؤدي إلى انقطاع في شدة المجال عند انتقال يقارب $h_1 = 0$.

ب) في حالات عدم تيسر قاعدة بيانات تخص التضاريس الأرضية أو تيسرها لكن مع وجوب عدم تسبب الطريقة وأي انقطاع في شدة المجال عند الانتقال حوالي $h_1 = 0$، يمكن تقدير زاوية خلوص للأرض (موجبة) θ_{eff2}، انطلاقاً من فرضية عائق ارتفاع h_1 عند مسافة تبلغ 9 km انطلاقاً من هوائي الإرسال/القاعدة. وتجدر الإشارة إلى أن هذا الأمر ينطبق على جميع أطوال المسير، حتى وإن كانت أقل من 9 km. أي أنه يُنظر إلى الأرض كمكون لحافة غير منتظمة على مسافة تتراوح بين 3 و15 km انطلاقاً من هوائي الإرسال/القاعدة، والارتفاع المتوسط الذي يعادل ارتفاع 9 km مثلما هو موضح في الشكل 25. ولا تأخذ هذه الطريقة بوضوح تغيرات التضاريس الأرضية في الحسبان، ولكنها تضمن أيضاً عدم تسبب أي تقطع في شدة المجال عند انتقال يقارب $h_1 = 0$. ويتم حساب التصحيح الذي يتعين إضافته إلى شدة المجال في هذه الحالة كما يلي:

$$C_{h1d} = 6{,}03 - J(\nu) \quad \text{dB} \tag{12}$$

حيث:

$$J(\nu) = \left[6{,}9 + 20\log\left(\sqrt{(\nu - 0{,}1)^2 + 1} + \nu - 0{,}1 \right) \right] \quad \text{من أجل } \nu > -0{,}7806 \tag{12a}$$

$$J(\nu) = 0 \quad \text{وإلا} \tag{12b}$$

$$\nu = K_\nu \theta_{eff2} \tag{12c}$$

و

$$\theta_{eff2} = \text{arctg}(-h_1/9\,000) \quad \text{بالدرجات} \tag{12d}$$

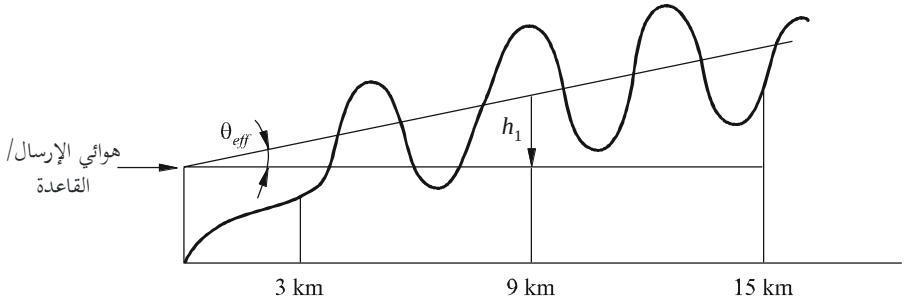
$K_\nu = 1{,}35$ for 100 MHz

$K_\nu = 3{,}31$ for 600 MHz

$K_\nu = 6{,}00$ for 2 000 MHz

الشكل 25

زاوية الخلوص الفعّال بالنسبة إلى $h_1 < 0$



θ_{eff}: زاوية خلوص فعّال للأرض (موجبة)
h_1: ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة الذي يستعمل في الحساب

P. 1546-25

ويُضاف التصحيح أعلاه الذي تقل قيمته دائماً عن الصفر، إلى شدة المجال التي تم الحصول عليها بالنسبة إلى $h_1 = 0$.

5 الاستكمال الداخلي لشدة المجال بحسب المسافة

تُوضح الأشكال من 1 إلى 24 منحنيات شدة المجال بحسب المسافة d التي يتراوح مداها بين 1 km و1 000 km. ولا يُحتاج إلى أي استكمال داخلي إذا كانت شدة المجال تُقرأ مباشرة على هذه المنحنيات. وطلباً لمزيد من الدقة وبغرض التنفيذ بواسطة الحاسوب، ينبغي الحصول على قيم شدة المجال من الجداول ذات الصلة (انظر الفقرة 3 من الملحق 1). وفي هذه الحالة، ينبغي أن تُحسب شدة المجال E (dB(μV/m)) ما لم تتطابق $\boldsymbol{d}$ مع إحدى المسافات في الجدول 1، بواسطة استكمال خطي يخص لوغاريتمية المسافة باستعمال:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(d / d_{inf}) / \log(d_{sup} / d_{inf}) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{13}$$

حيث:

d: المسافة التي يطلب عندها التنبؤ

d_{inf}: مسافة الجدولة الأقرب التي تقل عن d

d_{sup}: مسافة الجدولة الأقرب التي تفوق d

E_{inf}: قيمة شدة المجال بالنسبة إلى d_{inf}

E_{sup}: قيمة شدة المجال بالنسبة إلى d_{sup}.

لا تنطبق هذه التوصية على قيم d التي تفوق 1 000 km.

6 الاستكمال الداخلي والخارجي لشدة المجال بحسب التردد

يجب الحصول على شدة المجال بالنسبة إلى التردد المطلوب بواسطة استكمال داخلي بين قيم الترددات الاسمية التالية: 100 و600 و2 000 MHz. وينبغي استبدال الاستكمال الداخلي في حالة الترددات التي تقل عن 100 MHz أو تفوق 2 000 MHz باستكمال خارجي انطلاقاً من قيمتي التردد الاسميتين الأكثر قرباً. ويمكن بالنسبة إلى معظم المسيرات استعمال استكمال داخلي أو استكمال خارجي يخص لوغاريتم (التردد)، ولكن من الضروري استعمال طريقة بديلة بالنسبة إلى بعض المسيرات البحرية عندما يكون التردد المطلوب أقل من 100 MHz.

أما بالنسبة إلى المسيرات البرية والمسيرات البحرية حيث يفوق التردد المطلوب 100 MHz، فيجب حساب شدة المجال المطلوبة، E، باستعمال:

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) \log(f / f_{inf}) / \log(f_{sup} / f_{inf}) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{14}$$

حيث:

f: التردد الذي يُطلب التنبؤ له (MHz)

f_{inf}: تردد اسمي أقل (100 MHz if f < 600 MHz, 600 MHz في الحالات الأخرى)

f_{sup}: تردد اسمي أعلى (600 MHz if f < 600 MHz, 2 000 MHz في الحالات الأخرى)

E_{inf}: قيمة شدة المجال بالنسبة إلى f_{inf}

E_{sup}: قيمة شدة المجال بالنسبة إلى f_{sup}.

يجب أن تُحدد، عند الضرورة، شدة المجال الناتجة عن الاستكمال الخارجي بالنسبة إلى الترددات فوق 2 000 MHz بحيث لا تتعدى القيمة القصوى الواردة في الفقرة 2.

وفيما يتعلق بالمسيرات البحرية حيث يكون التردد المطلوب أقل من 100 MHz، ينبغي استعمال طريقة بديلة تقوم على أطوال مسير يكون عندها القيمة 0,6 من منطقة فرينل الأولى خالية تماماً من العوائق بواسطة سطح البحر. وتحتوي الفقرة 17 على طريقة تقريبية لحساب هذه المسافة.

وينبغي استعمال الطريقة الأخرى إذا كانت الشروط التالية صحيحة:

- إذا كان المسير بحرياً.
- إذا كان التردد المطلوب أقل من 100 MHz.
- إذا كانت المسافة المطلوبة أقل من المسافة التي يكون للمسير البحري عندها خلوص فرينل قدره 0,6 عند 600 MHz، يُعطى بواسطة $D_{06}(600, h_1, 10)$ كما يرد ذلك في الفقرة 17.

وإذا لم يصح أي شرط من الشروط الواردة أعلاه، ينبغي استعمال الطريقة العادية للاستكمال الداخلي/الاستكمال الخارجي التي تعطيها المعادلة (14).

وإذا كانت جميع الشروط الواردة أعلاه صحيحة، ينبغي حساب شدة المجال E باستعمال المعادلتين التاليتين:

$$E = E_{max} \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \qquad \text{for} \quad d \le d_f \tag{15a}$$

$$= E_{df} + (E_{d_{600}} - E_{d_f}) \log(d / d_f) / \log(d_{600} / d_f) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \qquad \text{for } d > d_f \tag{15b}$$

حيث:

E_{max}: أقصى شدة المجال عند المسافة المطلوبة، مثلما يراد تعريفها في الفقرة 2

E_{df}: أقصى شدة المجال عند المسافة d_f، مثلما يراد تعريفها في الفقرة 2

d_{600}: المسافة التي يكون للمسير عندها خلوص فرينل قدره 0,6 عند 600 MHz يُحسب بوصفه $D_{06}(600, h_1, 10)$ مثلما يشار إلى ذلك في الفقرة 17

d_f: المسافة التي يكون للمسير عندها خلوص فرينل قدره 0,6 عند التردد المطلوب يُحسب بوصفه $D_{06}(f, h_1, 10)$ مثلما يشار إلى ذلك في الفقرة 17

E_{d600}: شدة المجال عند المسافة d_{600} والتردد المطلوب يُحسب بواسطة المعادلة (14).

7 الاستكمال الداخلي لشدة المجال بحسب النسبة المئوية من الوقت

ينبغي حساب قيم شدة المجال بالنسبة إلى نسبة مئوية من الوقت تتراوح بين 1% و50% بواسطة الاستكمال الداخلي بين القيم الاسمية 1% و10% أو بين القيم الاسمية 10% و50% باستعمال:

$$E = E_{sup}(Q_{inf} - Q_t)/(Q_{inf} - Q_{sup}) + E_{inf}(Q_t - Q_{sup})/(Q_{inf} - Q_{sup}) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{16}$$

حيث:

t: النسبة المئوية من الوقت التي يُطلب التنبؤ بالنسبة إليها

t_{inf}: النسبة المئوية من الوقت الاسمية الأدنى

t_{sup}: النسبة المئوية من الوقت الاسمية الأعلى

$Q_t = Q_i\ (t/100)$

$Q_{inf} = Q_i\ (t_{inf}/100)$

$Q_{sup} = Q_i\ (t_{sup}/100)$

E_{inf}: قيمة شدة المجال فيما يتعلق بالنسبة المئوية من الوقت t_{inf}

E_{sup}: قيمة شدة المجال فيما يتعلق بالنسبة المئوية من الوقت t_{sup}.

حيث $Q_i\ (x)$ هي دالة التوزيع العادي التراكمي الإضافي العكسي.

وتصح هذه التوصية بالنسبة إلى قيم شدة المجال التي تم تجاوزها بالنسبة إلى النسب المئوية من الوقت في المدى الذي يتراوح من 1% إلى 50% فقط. ولا يصح الاستكمال الخارجي خارج المدى 1% إلى 50%.

ويرد في الفقرة 16 أدناه تقريب للدالة $Q_i\ (x)$.

الجدول 1

قيم المسافات (km) المستعملة في جداول شدة المجال

700	375	140	55	14	1
725	400	150	60	15	2
750	425	160	65	16	3
775	450	170	70	17	4
800	475	180	75	18	5
825	500	190	80	19	6
850	525	200	85	20	7
875	550	225	90	25	8
900	575	250	95	30	9
925	600	275	100	35	10
950	625	300	110	40	11
975	650	325	120	45	12
1 000	675	350	130	50	13

8 المسيرات المختلطة

يستعمل الوصف الآتي لطريقة المسير المختلط المعلمتين $E_{land}(d)$ و$E_{sea}(d)$ لتمثيل شدة المجال عند المسافة d انطلاقاً من هوائي الإرسال/القاعدة عند ارتفاع الجلبة الشائع للعائق في موقع هوائي الاستقبال/المتنقل R_2، بالنسبة إلى مسيرات برية بحتة وبحرية بحتة على التوالي، مع استكمال داخلي/استكمال خارجي يخص ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، h_1، والتردد أو النسبة المئوية من الوقت، حسب الاقتضاء.

وينبغي اتباع الخطوات التالية لتحديد شدة المجال لأي مسير مكون من أجزاء برية وأخرى بحرية. وإذا احتوى المسير على أجزاء بحرية ساخنة وأجزاء بحرية باردة، ينبغي استعمال منحنيات البحر الساخن عند حساب $E_{sea}(d)$. وينبغي حساب قيمة h_1 وفقاً للتوضيحات الواردة في الفقرة 3 من الملحق 5، ويعد ارتفاع سطح البحر مساوياً لارتفاع التضاريس الأرضية. وفي العادة، تستعمل قيمة h_1 لكل من المعلمتين $E_{land}(d)$ و$E_{sea}(d)$. ولكن، إذا كانت قيمة الارتفاع h_1 أقل من 3 m ينبغي استعمال هذه القيمة بصفة دائمة بالنسبة إلى المعلمة $E_{land}(d)$، ولكن يتعين استعمال قيمة قدرها 3 m بالنسبة إلى المعلمة $E_{sea}(d)$.

وتُعطى شدة مجال المسير المختلط، E، بواسطة:

$$E = (1-A)\cdot E_{land}(d_{total}) + A\cdot E_{sea}(d_{total}) \quad (17)$$

مع عامل استكمال داخلي لمسير مختلط، A، يعطى بما يلي:

$$A = A_0(F_{sea})^V \quad (18)$$

حيث F_{sea} هو جزء المسير فوق البحر و $A_0(F_{sea})$ هو عامل الاستكمال الداخلي الأساسي على النحو المبين في الشكل 26، ويعطى بما يلي:

$$A_0(F_{sea}) = 1-(1-F_{sea})^{2/3} \quad (19)$$

ويُحسب V باستخدام الصيغة التالية:

$$V = \max\left[1{,}0,\ 1{,}0 + \frac{\Delta}{40{,}0}\right] \quad (20)$$

بواسطة:

$$\Delta = E_{sea}(d_{total}) - E_{land}(d_{total}) \quad (21)$$

لا يتعلق الجزء التالي وحتى المعادلة (26) إلا بطريقة التنبؤ بالانتشار التي اعتمدها المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية RRC-06 وليس بهذه التوصية.

ويكمل هذا التوجيه مناقشة طريقة المسير المختلط الذي يستخدم المنحنيات الأساسية الواردة في الملحقات 2-4. غير أنه ينبغي عدم تفسير النمط البري الساحلي لمخططات المناطق الساحلية IDWM في السياق التالي كمناطق برية ساحلية.

وتعد طريقة المسير المختلط في المعادلة (17) عامة وتشمل الحالات التي تُعرّف فيها منحنيات شدة المجال بالنسبة إلى مختلف مناطق الانتشار. فمثلاً يجوز تحديد مناطق انتشار مختلفة من خلال تعديل منحنيات شدة المجال الأساسية الواردة في الملحقات 2-4 باستعمال الطريقة المذكورة في الملحق 7 أو طريقة بديلة أخرى لمواصفة المناطق مثل تلك الواردة في الاتفاقGE06 (وقد تشمل هذه المواصفات المختلفة مناطق برية ساحلية كمنطقة انتشار منفصلة مهما كان تعريفها، في ظل شروط انتشار أكثر قابلية للتطبيق على المسيرات البحرية من المسيرات البرية) وعلاوة على ذلك، من الضروري حساب شدة المجال بالنسبة إلى مسير مختلط يعبر منطقتين أو أكثر من مناطق الانتشار. وبالتالي يُوصى، باستعمال طريقة المسير المختلط التالية:

أ) بالنسبة إلى جميع الترددات وكافة النسب المئوية من الوقت وبالنسبة إلى تلك التركيبات المكونة من مناطق الانتشار التي لا تحتوي على أي انتقال بري/بحري أو أرضي/بري ساحلي، يتعين استعمال الإجراء التالي لحساب شدة المجال:

$$E = \sum_i \frac{d_i}{d_{total}} E_i(d_{total}) \quad (22)$$

حيث:

E : شدة المجال بالنسبة إلى المسير المختلط (dB(μV/m))

$E_i(d_{total})$: شدة المجال بالنسبة إلى مسير في منطقة i تساوي من حيث الطول المسير المختلط (dB(μV/m))

d_i : طول المسير في منطقة i

d_{total}: طول المسير الكلي؛

ب) بالنسبة إلى جميع الترددات وكافة النسب المئوية من الوقت وبالنسبة إلى تلك التركيبات المكونة من مناطق الانتشار التي لا تحتوي إلا على فئة انتشار برية وحيدة، وفئة انتشار بحرية أو برية ساحلية وحيدة، يتعين استعمال المعادلة (22)؛

ج) بالنسبة إلى جميع الترددات وكافة النسب المئوية من الوقت وبالنسبة إلى تلك التركيبات المكونة من ثلاث مناطق أو أكثر من مناطق الانتشار التي تتطلب على الأقل حداً برياً/بحرياً أو برياً/أرضاً ساحلية، يتعين استعمال الإجراء التالي لحساب شدة المجال:

$$E = (1-A) \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n_l} d_i E_{land,i}}{d_{lT}} + A \cdot \frac{\sum_{j=1}^{n_s} d_j E_{sea,j}}{d_{sT}} \quad (23)$$

حيث:

E: شدة المجال بالنسبة إلى مسير مختلط (dB(μV/m))

$E_{land,i}$: شدة المجال بالنسبة إلى مسير بري i يساوي من حيث الطول المسير المختلط، $i = 1, ..., n_l$ وn_l عدد المناطق البرية التي تم عبورها (dB(μV/m))

$E_{sea,j}$: شدة المجال بالنسبة إلى مسير بحري وأرضي ساحلي j يساوي من حيث الطول المسير المختلط، $j = 1, ..., n_s$ وn_s عدد المناطق البحرية والبرية الساحلية التي تم عبورها (dB(μV/m))

A: عامل الاستكمال الداخلي كما يرد في الفقرة 1.8 (تجدر الإشارة إلى أن جزء المسير على البحر يحسب كما يلي: $\frac{d_{sT}}{d_{total}}$)

d_i، d_j: طول المسير في المنطقتين i وj

d_{lT}: طول المسير البري الإجمالي= $\sum_{i=1}^{n_l} d_i$

d_{sT}: طول المسير البحري والبري الساحلي = $\sum_{j=1}^{n_s} d_j$

d_{total} : طول مسير الانتشار الكلي = $d_{lT} + d_{sT}$.

1.8 عامل استكمال المسير المختلط المطبق على الطريقة التي أقرها المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية لعام 2006 (*RRC-06*)

يُستعمل فيما يلي الترميز الآتي:

N_s: العدد الكلي للمناطق البحرية والمناطق البرية الساحلية

n: عدد مناطق المسيرات البحرية أو المسيرات البرية الساحلية؛ $n = 1, 2, ..., N_s$

M_l: العدد الكلي للمناطق البرية

m: عدد مناطق المسيرات البرية؛ $m = 1, 2, ..., M_l$

d_{sn}: المسافة التي تم عبورها في المنطقة البحرية أو المنطقة البرية الساحلية n (km)

d_{lm}: المسافة التي تم عبورها في المناطق البرية m (km).

ثم:

$$d_{sT} = \sum_{n=1}^{N_s} d_{sn} \quad : \text{الطول الكلي للمسيرات البحرية والبرية الساحلية التي تم عبورها} \tag{24a}$$

$$d_{lT} = \sum_{m=1}^{M_l} d_{lm} \quad : \text{الطول الكلي للمسيرات البرية التي تم عبورها} \tag{24b}$$

$$d_{total} = d_{sT} + d_{lT} \quad : \text{طول المسير الكلي للانتشار.} \tag{24c}$$

وثمة حاجة إلى قيم شدة المجال التالية:

$E_{sn}(d_{total})$: قيمة شدة المجال (dB(μV/m)) بالنسبة إلى المسافة d_T التي يُفترض فيها أن تكون منطقة بحرية بحتة أو منطقة برية ساحلية بحتة من النمط n

$E_{lm}(d_{total})$: قيمة شدة المجال (dB(μV/m) بالنسبة إلى المسافة d_T التي يفترض فيها أن تكون منطقة برية بحتة من النمط m.

ويُعطى عامل الاستكمال الداخلي[1]، A، بالمعادلات (18)–(20)، ولكن مع جزء المسير فوق البحر، F_{sea}، المستخدَم في الشكل 26 والمعادلة (18):

$$F_{sea} = \frac{d_{sT}}{d_T} \tag{25}$$

---

[1] ينطبق عامل الاستكمال الداخلي على جميع الترددات وعلى كافة النسب المئوية من الوقت. وتجدر الإشارة إلى أن الاستكمال الداخلي لا ينطبق إلا على:

- مسيرات برية–بحرية
- مسيرات برية ساحلية–برية
- مسيرات برية (بحرية–برية ساحلية)

ولا ينطبق الاستكمال الداخلي على:

- مسيرات برية–برية
- أو أي جمع بين المسيرات البحرية و/أو البرية–الساحلية.

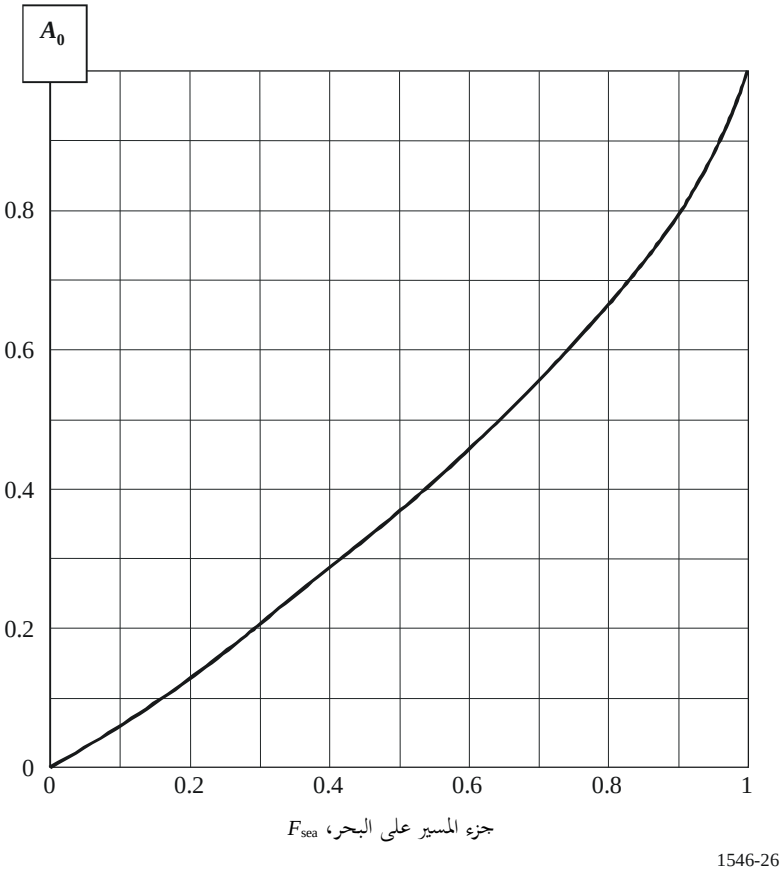
ويعطى Δ المستخدَم في المعادلة (20) الآن بما يلي:

$$\Delta = \sum_{n=1}^{N_s} E_{sn}(d_T)\frac{d_{sn}}{d_{sT}} - \sum_{m=1}^{M_l} E_{lm}(d_T)\frac{d_{lm}}{d_{lT}} \quad (26)$$

ويبين الشكل 26 الصيغة $A_0(F_{sea})$ التي تنطبق على جميع النسب المئوية من الوقت.

الشكل 26

عامل الاستكمال الداخلي الأساسي، A_0 بالنسبة إلى الانتشار المختلط



نهاية الجزء الخاص بطريقة التنبؤ بالانتشار التي وافق عليها المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية RRC-06 فقط.

9 تصحيح ارتفاع هوائي الاستقبال/المتنقل

تتعلق قيم شدة المجال التي تُعطيها المنحنيات الأرضية والجداول ذات الصلة التي ترد في هذه التوصية بهوائي استقبال/متنقل مرجعي عند ارتفاع يساوي أو يفوق ارتفاع العوائق التمثيلي على الأرض التي تحيط بهوائي الاستقبال/المتنقل، R_2 و10 m. وفيما يلي بعض الأمثلة على الارتفاع المرجعي: 20 m بالنسبة إلى منطقة حضرية، و30 m بالنسبة إلى منطقة ذات كثافة سكانية و10 m بالنسبة إلى ضاحية. وتساوي قيمة R_2 النظرية بالنسبة إلى المسيرات البحرية 10 m.

وحيث يكون هوائي الاستقبال/المتنقل على الأرض، ينبغي أن تؤخذ في الحسبان أولاً زاوية الارتفاع للشعاع الوارد وذلك بحساب ارتفاع عائق تمثيلي R_2 معدل يُعطى بواسطة:

$$R_2' = (1000dR_2 - 15h_1)/(1000d - 15) \quad \text{m} \tag{27}$$

حيث وحدات h_1 وR_2 بالأمتار والمسافة الأفقية d بالكيلومترات (km). ويُحسب ارتفاع الجلبة التمثيلي، R_2'، بحيث يمثل النقطة المرجعية لارتفاع مستقبِل يقع على بعد 15 m وراء الجلبة ويواجه ورود مماسي لشعاع من المرسِل.

ويمثل الارتفاع التمثيلي، R_2'، ارتفاعاً مرجعياً يواجه فيها مستقبِل ورود مماسي ($\nu = 0$).

مع الإشارة إلى أنه بالنسبة إلى $h_1 < 6{,}5d + R_2$، نحصل على $R_2' \approx R_2$.

وينبغي عند الضرورة تحديد القيمة R_2' بحيث لا تكون أقل من 1 m.

وعندما يوجد هوائي الاستقبال/المتنقل في بيئة حضرية، يُعطى عندئذ التصحيح بواسطة:

$$\text{التصحيح} = 6{,}03 - J(\nu) \quad \text{dB} \quad \text{for } h_2 < R_2'' \tag{28a}$$

$$= K_{h2} \log(h_2 / R_2') \quad \text{dB} \quad \text{for } h_2 \geq R_2' \tag{28b}$$

حيث تعطى $J(\nu)$ بواسطة المعادلة (12a)،

و:

$$\nu = K_{nu} \sqrt{h_{dif\,2}\theta_{clut2}} \tag{28c}$$

$$h_{dif2} = R_2' - h_2 \quad \text{m} \tag{28d}$$

$$\theta_{clut2} = \arctan(h_{dif2} / 27) \quad \text{degrees} \tag{28e}$$

$$K_{h2} = 3{,}2 + 6{,}2\log(f) \tag{28f}$$

$$K_{nu} = 0{,}0108\sqrt{f} \tag{28g}$$

f: التردد (MHz).

وفي الحالات التي تتعلق ببيئة حضرية حيث تكون R_2' أقل من 10 m، يجب خفض التصحيح الذي تعطيه المعادلة (28a) أو (28b) بواسطة الصيغة $K_{h2}\log(10/R_2')$.

وعندما يوجد هوائي الاستقبال/المتنقل على الأرض في بيئة ريفية أو مفتوحة، يُعطى التصحيح بواسطة المعادلة (28b) بالنسبة إلى جميع قيم h_2 مع R_2` بقيمة 10 m.

وفيما يلي، تنطبق العبارة "مجاور للبحر" على الحالات التي يكون فيها هوائي الاستقبال/المتنقل فوق البحر أو مجاوراً للبحر بصفة مباشرة دون وجود أي عائق ملحوظ في اتجاه محطة الإرسال/القاعدة.

وعندما يكون هوائي الاستقبال/المتنقل مجاوراً للبحر بالنسبة إلى $h_2 \geq 10$ m، ينبغي حساب التصحيح بواسطة المعادلة (28b) وتحديد قيمة R' عند 10 m.

وعندما يكون هوائي الاستقبال/المتنقل مجاوراً للبحر بالنسبة إلى $h_2 < 10$ m، ينبغي استعمال طريقة بديلة تستند إلى أطوال مسير تكون عندها القيمة 0,6 من منطقة فرينل الأولى خالية تماماً من أي عائق بواسطة سطح البحر. وتحتوي الفقرة 18 على طريقة تقريبية لحساب هذه المسافة.

وينبغي حساب المسافة التي سيبلغ خلوص المسير عندها 0,6 من منطقة فرينل بالنسبة إلى القيمة المطلوبة h_1 وبالنسبة إلى $h_2 = 10$ m، d_{10}، بوصفها $D_{06}(f, h_1, 10)$ في الفقرة 18.

وإذا كانت المسافة المطلوبة مساوية أو أطول من d_{10}، ينبغي مرة أخرى حساب تصحيح القيمة المطلوبة h_2 باستعمال المعادلة (28b)، مع تحديد قيمة R_2' عند 10 m.

وإذا كانت المسافة المطلوبة أقل من d_{10}، لا بد عندئذ من حساب التصحيح الذي يتعين إضافته إلى شدة المجال E باستعمال:

$$\text{التصحيح} = 0{,}0 \quad \text{dB} \qquad \text{for} \quad d \le d_{h2} \tag{29a}$$

$$= C_{10} \log(d / d_{h2}) / \log(d_{10} / d_{h2}) \quad \text{dB} \qquad \text{for} \quad d_{h2} < d < d_{10} \tag{29b}$$

حيث:

C_{10}: تصحيح القيمة المطلوبة بالنسبة إلى h_2 عند المسافة d_{10} باستعمال المعادلة **(**28b**)** مع تحديد قيمة R_2' عند 10 m

d_{10}: المسافة التي يبلغ خلوص المسير عندها 0,6 فقط من منطقة فرينل بالنسبة إلى $h_2 = 10$ m المحسوبة بوصفها **(**$D_{06}(f, h_1, 10)$ مثلما ترد في الفقرة 18

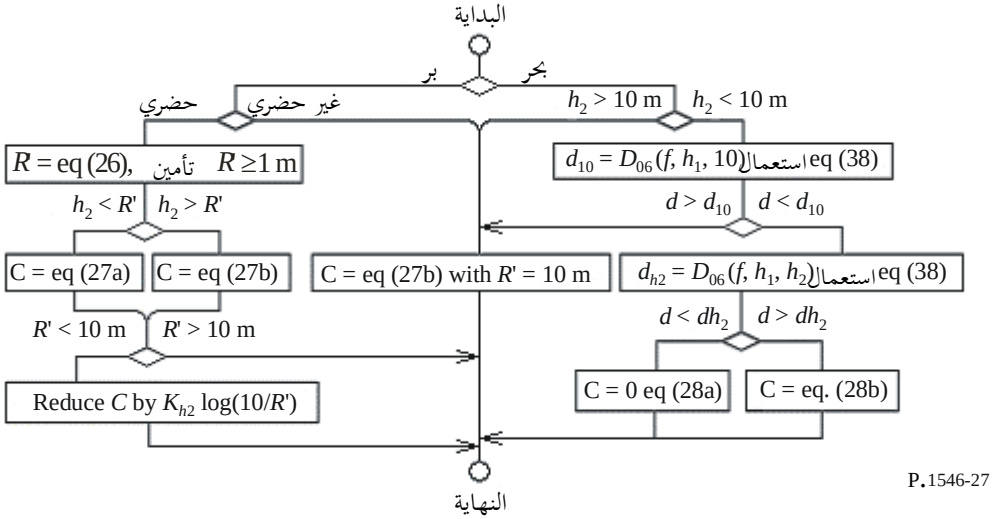
d_{h2}: المسافة التي يبلغ خلوص المسير عندها 0,6 فقط من منطقة فرينل بالنسبة إلى القيمة المطلوبة h_2 المحسوبة بوصفها $D_{06}(f, h_1, h_2)$ مثلما ترد في الفقرة 18.

ولا تصح هذه التوصية بالنسبة إلى ارتفاعات هوائي الاستقبال/المتنقل، h_2، التي تكون أقل من 1 m حينما تكون مجاورة للأرض أو أقل من 3 m عندما تكون مجاورة للبحر.

ويمكن تلخيص التصحيح الوارد أعلاه بصفة كاملة بالنسبة إلى ارتفاع هوائي الاستقبال/المتنقل بواسطة المخطط الانسيابي الذي يحتوي عليه الشكل 27.

الشكل 27

مخطط انسيابي لتصحيح ارتفاع هوائي الاستقبال/المتنقل



10 تصحيح المرسِل المشوب بالجلبة

يسري هذا التصحيح إذا كان هوائي الإرسال/القاعدة فوق أو بجوار أرض فيها جلبة. وينبغي استخدام هذا التصحيح في أي حالة كهذه، حتى عندما يعلو الهوائي فوق ارتفاع الجلبة . ويساوي التصحيح صفراً عندما يعلو المطراف على ارتفاع الخلوص المعتمد على التردد فوق الجلبة.

$$\text{التصحيح} = -J(\nu) \quad \text{dB} \tag{30a}$$

حيث تعطى $J(\nu)$ بالمعادلة (12a) أو (12b)،

و

$$\nu = K_{nu}\sqrt{h_{dif1}\theta_{clut1}} \quad \text{for } R_1 \geq h_a \tag{30b}$$

$$= -K_{nu}\sqrt{h_{dif1}\theta_{clut1}} \quad \text{otherwise} \tag{30c}$$

$$h_{dif1} = h_a - R_1 \quad \text{m} \tag{30d}$$

$$\theta_{clut1} = \arctan(h_{dif1}/27) \quad \text{بالدرجات} \tag{30e}$$

$$K_{nu} = 0{,}0108\sqrt{f} \tag{30f}$$

f: التردد (MHz).

وR_1 هو ارتفاع الجلبة بالأمتار فوق مستوى الأرض بالقرب من مطراف إرسال/قاعدة.

11 تصحيح زاوية خلوص الأرض

بالنسبة إلى المسيرات الأرضية وفي حالة وجود هوائي استقبال/متنقل على جزء أرضي من مسير مختلط، وإذا كانت هناك حاجة إلى المزيد من الدقة للتنبؤ بشدة المجال بالنسبة إلى شروط الاستقبال في مناطق محددة، منطقة استقبال صغيرة، مثلاً، يمكن إجراء تصحيح بالاستناد إلى زاوية خلوص للأرض θ_{tca} تُعطى بواسطة:

$$\theta_{tca} = \theta \quad \text{degrees} \tag{31}$$

حيث تقاس زاوية الارتفاع θ بالنسبة إلى خط مستقيم من هوائي الاستقبال/المتنقل الذي يزيل كل العوائق الأرضية في اتجاه هوائي الإرسال/المحطة على مسافة يمكن أن يصل طولها إلى 16 km ولكنها لا تتعدى هوائي الإرسال/القاعدة.

ولا ينبغي أن يؤخذ عند حساب θ انحناء الأرض في الحسبان. ويجب تحديد قيمة θ_{tca} بحيث لا تكون أقل من +0,55º أو أكثر من +40,0º.

في حالة تيسر معلومات بشأن زاوية خلوص للأرض، يُحسب التصحيح الذي يتعين إضافته إلى شدة المجال بواسطة:

$$\text{التصحيح} = J(\nu') - J(\nu) \quad \text{dB} \tag{32a}$$

حيث تُعطى $J(\nu)$ بواسطة المعادلة (12a):

$$\nu' = 0{,}036\sqrt{f} \tag{32b}$$

$$\nu = 0{,}065\,\theta_{tca}\sqrt{f} \tag{32c}$$

θ_{tca}: زاوية خلوص الأرض (درجات)

f: التردد المطلوب (MHz).

وينبغي الإشارة إلى أن المنحنيات التي تتعلق بشدة المجال بالنسبة إلى المسيرات الأرضية تأخذ في الحسبان الخسائر الناجمة عن أثر الحجب النمطي لهوائي الاستقبال/المتنقل عن طريق تضاريس أرضية ضعيفة التعرج. ومن ثم، تساوي تصحيحات زاوية خلوص للأرض صفراً عند زاوية صغيرة موجبة تتميز بها مواقع هوائي الاستقبال/المتنقل.

ويوضح الشكل 28 زاوية خلوص للأرض عند الترددات الاسمية.

12 التغير بحسب الموقع في حالة التنبؤ بتغطية منطقة برية

تهدف طرق التنبؤ بتغطية المناطق إلى تقديم إحصائيات عن شروط الاستقبال في منطقة معينة، وليس عند كل نقطة محددة. ويتوقف تفسير مثل هذه الإحصائيات على حجم المنطقة المعنية.

وفي حالة وجود مطراف واحد لمسير راديوي مستقر وآخر متحرك، تختلف خسارة المسير بصفة متواصلة باختلاف الموقع، وفقاً لمجموع المؤثرات التي تؤثر عليه. ومن الملائم تصنيف هذه المؤثرات في ثلاث فئات رئيسية:

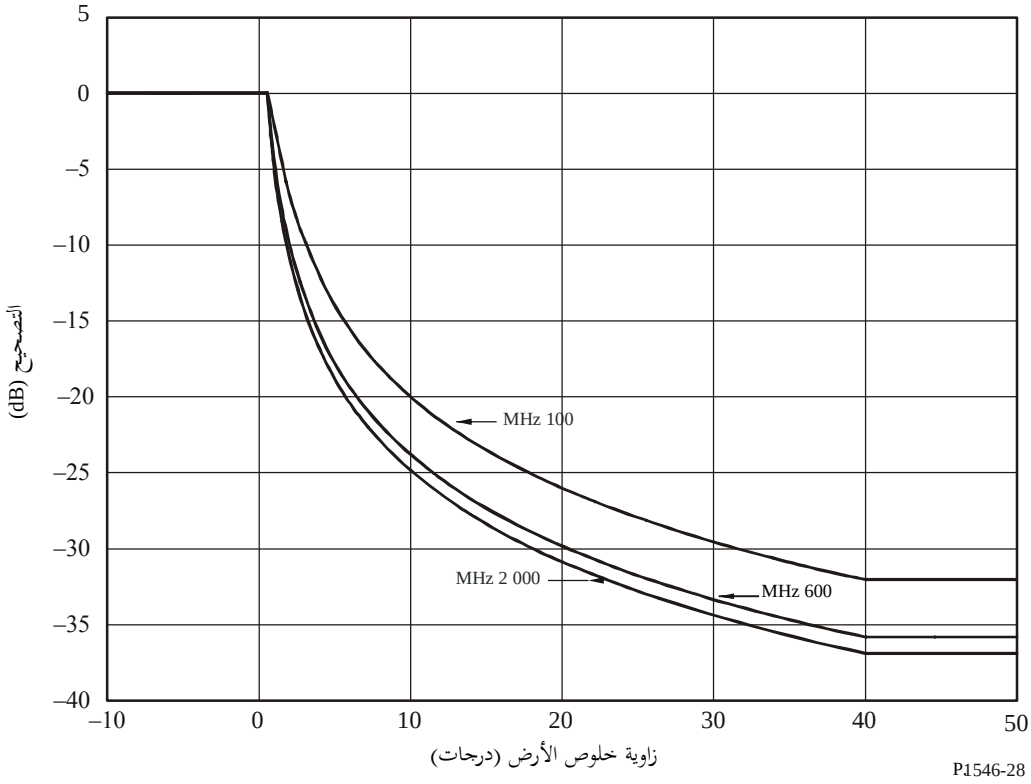
التغيرات الناجمة عن الانتشار عبر مسيرات متعددة: تحدث تغيرات الإشارة بمعدل طول موجة، وهي ناجمة عن الإضافة المتجهية لآثار المسيرات المتعددة، مثل، الانعكاسات من الأرض والمباني، إلخ. وتتبع الإحصائيات المتعلقة بهذه التغيرات في العادة توزيع رايليغ.

التغيرات الناجمة عن العوائق المحلية الموجودة على الأرض: تحدث تغيرات الإشارة نتيجة للعوائق المحلية القريبة مثل المباني والأشجار، إلخ بمعدل أحجام هذه الأشياء. ويكون نطاق هذه التغيرات في العادة أكبر بكثير من تغيرات المسيرات المتعددة.

تغيرات المسير: تحدث تغيرات الإشارة أيضاً نتيجة التغيرات في هندسة مسير الانتشار بأكمله، على سبيل المثال وجود التلال، إلخ. وسيكون نطاق هذه التغيرات بالنسبة إلى جميع المسيرات باستثناء المسيرات الصغيرة أكبر بكثير من العوائق المحلية.

الشكل 28

زاوية خلوص الأرض (درجات)



وفي هذه التوصية، وبصفة عامة، يشير مفهوم التغير بحسب الموقع إلى الإحصائيات الفضائية الخاصة بالتغيرات الناشئة عن وجود عوائق محلية على الأرض. وهو ما يمثل نتيجة مفيدة بالنسبة إلى سلم التغيرات الذي يفوق بكثير التغيرات الناجمة عن عوائق على الأرض، والتي لا تكتسي تغيرات المسير بالنسبة إليها أهمية. وبما أن التغير بحسب الموقع يُعرّف على نحو يستبعد تغيرات المسيرات المتعددة، فإنه لا يخضع إلى عرض نطاق النظام.

وسيكون من الضروري أيضاً، فيما يتعلق بتخطيط الأنظمة الراديوية، أن تؤخذ آثار المسيرات المتعددة في الحسبان. وسيختلف تأثير هذه الآثار باختلاف الأنظمة التي تخضع إلى عرض النطاق والتشكيل ومخطط التشفير. وتقدم التوصية ITU-R P.1406 توجيهات بشأن نمذجة هذه الآثار.

وقد تحدد مفهوم التغير بحسب الموقع بأوجه مختلفة. فبعض النصوص تعرفه من حيث التغير في زيادة خسارة المسير في كامل منطقة الخدمة مرسل ما بما فيها آثار جميع آثار تضاريس الأرض إضافةً إلى حجب العوائق المحلية. وفي حالات أخرى، يتعلق هذا المفهوم بالتغيرات الناجمة عن خسارة المسير في جميع نقاط منطقة بنصف قطر معين تحيط بالمرسل. ويتصل التعريف الثالث بتغيرات شدة المجال في منطقة صغير تتمثل نمطياً بمربع يتراوح طول ضلعه بين 500 m و1 km.

ونظراً إلى أن طريقة التنبؤ المعطاة في هذه التوصية تشمل التصحيح المرتبط بالبيئة فيما يتعلق بالارتفاع h_2 (الفقرة 9 من الملحق 5) وتسمح باستعمال زاوية خلوص الأرض (TCA) المرتبطة بالتضاريس (الفقرة 11 من الملحق 5)، فهناك احتمال وقوع خطأ حساب مزدوج لهذه الآثار لدى تطبيق تصحيح التغيرات الناجمة عن الموقع.

وتقدر الطريقة الواردة أدناه التغيرات بحسب الموقع في منطقة صغيرة، وهي تناسب الحالات التي تستخدم فيها زاوية خلوص الأرض (TCA) لإتاحة مزيد من الدقة في تحديد القيم المتوسطة لشدة المجال المحلية.

وعندما لا تستخدم الزاوية TCA تصبح القيمة المناسبة للتغير الناجم عن الموقع أكبر وتقاس عادة بنصف قطر منطقة الخدمة نظراً إلى وجود تنوع أكبر في التضاريس والجلبة.

وتوحي تحاليل البيانات المكثفة بأن توزيع شدة المجال المتوسطة الناجمة عن وجود عوائق على الأرض في هذه المنطقة في البيئات الحضرية والضواحي، هو توزيع لوغاريتم العادي تقريباً.

ولذلك، تُعطى شدة المجال E التي يتم تجاوزها بالنسبة إلى $q\%$ من المواقع بالنسبة إلى موقع هوائي استقبال/متنقل أرضي، بواسطة:

$$E(q) = E\,(\text{median}) + Q_i(q / 100)\,\sigma_L(f) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{33}$$

حيث:

$Q_i(x)$: توزيع عادي تراكمي إضافي عكسي كدالة على الاحتمالية

σ_L: انحراف معياري يخص التوزيع الغوسي "للمتوسطات" المحلية في منطقة الدراسة.

ويرد في الفقرة 16 أدناه تقريب للدالة $Q_i(x)$.

وتخضع قيم الانحراف المعياري إلى التردد والبيئة، وقد أظهرت الدراسات التجريبية انتشاراً كبيراً. وتعطى القيم الممثلة بالنسبة إلى المناطق التي تبلغ 500 m في 500 m بواسطة العبارة التالية:

$$\sigma_L = K + 1{,}3 \log(f) \quad \text{dB} \tag{34}$$

حيث:

K= 1,2 في المستقبلات التي تقع هوائياتها تحت ارتفاع الجلبة في البيئات الحضرية والضواحي بالنسبة إلى الأنظمة المتنقلة المصحوبة بهوائيات شاملة الاتجاهات بارتفاع سيارة

K= 1,0 في المستقبلات التي تقارب هوائياتها على السطوح ارتفاع الجلبة

K= 0,5 في مستقبلات المناطق الريفية

f: التردد المطلوب (MHz).

إذا كانت المنطقة التي سيُطبق عليها التغير أكبر من 500 m في 500 m، أو إذا كان التغير يرتبط بجميع المناطق عند مدى معين، بدلاً من التغير عبر مناطق فردية، ستكون قيمة σ_L أكبر. وقد بينت دراسات تجريبية أن التغير بحسب الموقع يتزايد (فيما يتعلق بقيم المناطق الصغيرة) بمقدار يصل إلى 4 dB في نصف قطر طوله 2 km وإلى 8 dB في نصف قطر طوله 50 km.

ويمكن لموقع النسبة المئوية q أن يتغير بين 1 و99. ولا تصح هذه التوصية بالنسبة إلى المواقع التي تكون نسبتها المئوية أقل من 1% أو أكبر من 99%. ولا تصح القيم المعطاة أعلاه لمسافات تقل عن كيلومتر واحد.

ولا ينطبق تصحيح تغير الموقع عندما يكون المستقبل/المتنقل مجاوراً للبحر.

وينبغي الإشارة إلى أنه سيكون من الضروري عموماً، بالنسبة إلى بعض أهداف التخطيط (على سبيل المثال، خطط التخصيص المتعدد الأطراف) استعمال تعريف "التغير بحسب الموقع" الذي يشتمل على درجة من خبو المسيرات المتعددة. وهكذا يمكن أخذ عدة أوضاع في الحسبان: المستقبل المتنقل، بأسلوب ثابت في حالة عدم وجود آثار مترتبة على الانتشار عبر مسيرات متعددة أو هوائي فوق السطح باستقبال على ترددات متعددة، ولا يمكن تثبيته على نحو أمثل. وإضافة إلى ذلك، يمكن أن يحتاج هذا التخطيط إلى مراعاة التغير في منطقة أكبر من المنطقة التي افترضت في هذه التوصية.

وفي هذا السياق، تعد القيم الواردة في الجدول 2 ملائمة بالنسبة إلى عدد من الخدمات الراديوية.

الجدول 2

قيم التغير المستعملة في بعض حالات التخطيط

	الانحراف المعياري (dB)		
	MHz 100	MHz 600	MHz 2 000
الإرسال الإذاعي، تماثلي	8,3	9,5	–
الإرسال الإذاعي، رقمي	5,5	5,5	5,5

13 المجال المحدود بفعل الانتشار التروبوسفيري

ثمة احتمال أن تكون شدة المجال المحسوبة باستخدام الطرائق المذكورة في الفقرات من 1 إلى 12 من هذا الملحق أقل مما هي عليه حقيقةً وذلك جراء عدم مراعاة كامل حساب الانتشار التروبوسفيري.

وفي حال تيسر المعلومات عن التضاريس الأرضية، ينبغي حساب المجال المقدَّر بفعل الانتشار التروبوسفيري باستخدام الإجراء التالي. ويمكن بعدئذ استخدام هذا التقدير "كأرضية" للتنبؤ الكلي بشدة المجال (انظر المرحلة 13 في الملحق 6).

حساب زاوية انتشار المسير بالدرجات، θ_s، باستخدام:

$$\theta_s = \frac{180d}{\pi k a} + \theta_{eff} + \theta \quad \text{بالدرجات} \tag{35}$$

حيث:

θ_{eff}: زاوية خلوص الأرض غير المطراف ذي الارتفاع h_1 مقدرةً بالدرجات ومحسوبة بالطريقة الواردة في الفقرة 3.4 الحالة أ)، بغض النظر عما إذا كانت قيمة h_1 سالبة، بالدرجات

θ: زاوية خلوص المطراف ذي الارتفاع h_2 مقدرةً بالدرجات وحسب ما يرد في الفقرة 11 علماً بأنها زاوية الارتفاع نسبة إلى المستوى الأفقي المحلي، بالدرجات

d: طول المسير، km

a: 6 370 km، نصف قطر الأرض

k: 4/3 عامل نصف قطر الأرض الفعال لمتوسط شروط الانكسار.

إذا كانت θ_s أقل من صفر أعطيت قيمة صفر.

حساب شدة المجال المتنبأ به للانتشار الجوي، E_{ts}، باستخدام:

$$E_{ts} = 24{,}4 - 20\log(d) - 10\,\theta_s - L_f + 0{,}15N_0 + G_t \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{36}$$

حيث:

L_f: الخسارة المرتبطة بالتردد

$$= 5\log(f) - 2{,}5(\log(f) - 3{,}3)^2 \tag{36a}$$

N_0= 325، متوسط الانكسارية النوعية لسطح الأرض، N وحدة، نموذج للمناخات المعتدلة

G_t: تعزيز مرتبط بالوقت

$$= 10{,}1(-\log(0{,}02t))^{0{,}7} \tag{36b}$$

d: طول المسير أو المسافة المطلوبة بالكيلومترات

f: التردد المطلوب بالوحدات MHz

t: النسبة المئوية المطلوبة من الوقت.

14 فارق ارتفاع الهوائي

يلزم تصحيح لاحتساب فارق الارتفاع بين هوائيين. ويُحسب هذا التصحيح كما يلي:

$$\text{Correction} = 20\log\left(\frac{d}{d_{slope}}\right) \quad \text{dB} \tag{37}$$

حيث d هي المسافة الأفقية، وتعطى مسافة الميل، d_{slope} ، كما يلي:

تُستخدم المعادلة التالية أينما توفرت معلومات عن التضاريس:

$$d_{slope} = \sqrt{d^2 + 10^{-6}\left[\left(h_a + h_{tter}\right) - \left(h_2 + h_{rter}\right)\right]^2} \quad \text{km} \tag{37a}$$

وتُستخدم المعادلة التالية عندما لا تتوفر معلومات عن التضاريس:

$$d_{slope} = \sqrt{d^2 + 10^{-6}\left(h_a - h_2\right)^2} \quad \text{km} \tag{37b}$$

وh_{tter} وh_{rter} هما ارتفاعا التضاريس بالأمتار فوق سطح البحر في مطرافي المرسِل/القاعدة والمستقبِل/المتنقل على التوالي.

وهندسة وتر المثلث قائم الزاوية التي تنطوي عليها المعادلة (37a) غير واقعية في مسيرات تطول بما يكفي لكي يكون انحناء الأرض ذا شأن، ولكن الخطأ المرتبط بمثل هذه المسيرات الطويلة لا يكاد يذكر. ورغم أن التصحيح المعطى بالمعادلة (37) صغير جداً إلا في المسيرات القصيرة وقيم h_1 العالية، يوصى باستخدامه في جميع الحالات لتفادي اتخاذ قرار عشوائي بشأن الدقة.

15 المسافات التي تقل عن 1 km

تصف الفقرات السابقة من 1 إلى 14 طريقة للحصول على قيم شدة المجال من مجموعات المنحنيات لمسافات أفقية تتراوح بين 1 km و1 000 km. وتشمل هذه العملية الاستكمال الداخلي أو الاستكمال الخارجي ومختلف التصحيحات. فإذا بلغت المسافة الأفقية المطلوبة 1 كم أو أكثر، لا حاجة لحساب آخر.

وفي المسيرات التي تقل عن 1 km، يوسَّع النموذج ليشمل مسافات أفقية قصيرة لا على التعيين، على النحو التالي:

وإذا كانت المسافة الأفقية تقل عن أو تساوي 0,04 km، تعطى شدة المجال، E، بما يلي:

$$E = 106{,}9 - 20\log\left(d_{slope}\right) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{38a}$$

وبخلاف ذلك:

$$E = E_{inf} + \left(E_{sup} - E_{inf}\right)\log\left(d_{slope}/d_{inf}\right)/\log\left(d_{sup}/d_{inf}\right) \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \tag{38b}$$

حيث:

d_{slope}: مسافة الميل المعطاة بالمعادلة (37a أو 37b) للمسافة الأفقية المطلوبة d

d_{inf}: مسافة الميل المعطاة بالمعادلة (37a أو 37b) للمسافة d = 0,04 km

d_{sup}: مسافة الميل المعطاة بالمعادلة (37a أو 37b) للمسافة d = 1 km

E_{inf}: $106{,}9 - 20\log\left(d_{inf}\right)$

E_{sup}: هي شدة المجال المعطاة في الفقرات من 1 إلى 14 على مسافة d = 1 km.

ويستند هذا التوسيع الشامل للمسافات الأفقية القصيرة لا على التعيين، إلى افتراض أن تقلص طول المسير إلى ما دون 1 km يؤدي إلى زيادة احتمال وجود مسير أقل خسارةً يمر حول العوائق وليس فوقها. وفي المسيرات التي تبلغ مسافتها الأفقية 0,04 km أو أقصر، يُفترض وجود كامل خلوص فرينل (Fresnel) على خط البصر بين المطرافين، وتُحسب شدة المجال كقيمة الفضاء الطلق على أساس مسافة الميل.

وإذا كانت هذه الافتراضات لا تناسب سيناريو المدى القصير المطلوب، ينبغي إجراء تعديلات ملائمة لاحتساب مؤثرات مثل الانتشار عبر شارع–وادي أو مدخل بناء أو الأجزاء ضمن المباني من المسير، أو مؤثرات الأجسام.

ويمكن لهذا التوسيع الشامل للمسافات الأفقية القصيرة أن يسمح للمسير أن يميل بانحدار شديد، أو حتى عمودياً في حال $h_a > h_2$. ويجدر الانتباه إلى شدة المجال المتوقعة لا تأخذ في الاعتبار مخطط الإشعاع الرأسي لهوائي الإرسال/القاعدة. وتقابل شدة المجال 1 kW من القدرة المشعة المكافئة في اتجاه الإشعاع.

16 تقريب دالة التوزيع العادي التراكمي الإضافي العكسي

يصح التقريب التالي بالنسبة إلى التوزيع العادي التراكمي الإضافي العكسي، $Q_i(x)$ بالنسبة إلى $0{,}01 \le x \le 0{,}99$:

$$Q_i(x) = T(x) - \xi(x) \quad \text{if } x \le 0{,}5 \tag{39a}$$

$$Q_i(x) = -\{ T(1-x) - \xi(1-x) \} \quad \text{if } x > 0{,}5 \tag{39b}$$

حيث:

$$T(x) = \sqrt{\left[-2 \ln(x)\right]} \tag{39c}$$

$$\xi(x) = \frac{\left[(C_2 \cdot T(x) + C_1) \cdot T(x)\right] + C_0}{\left[(D_3 \cdot T(x) + D_2) \cdot T(x) + D_1\right] \cdot T(x) + 1} \tag{39d}$$

$$C_0 = 2{,}515517$$

$$C_1 = 0{,}802853$$

$$C_2 = 0{,}010328$$

$$D_1 = 1{,}432788$$

$$D_2 = 0{,}189269$$

$$D_3 = 0{,}001308$$

وترد القيم التي تم الحصول عليها بواسطة المعادلات الواردة أعلاه في الجدول 3.

الجدول 3

القيم التقريبية الخاصة بالتوزيع العادي التراكمي الإضافي العكسي

q%	$Q_i(q/100)$	q%	$Q_i(q/100)$	q%	$Q_i(q/100)$	q%	$Q_i(q/100)$
1	2,327	26	0,643	51	0,025−	76	0,706−
2	2,054	27	0,612	52	0,050−	77	0,739−
3	1,881	28	0,582	53	0,075−	78	0,772−
4	1,751	29	0,553	54	0,100−	79	0,806−
5	1,645	30	0,524	55	0,125−	80	0,841−
6	1,555	31	0,495	56	0,151−	81	0,878−
7	1,476	32	0,467	57	0,176−	82	0,915−
8	1,405	33	0,439	58	0,202−	83	0,954−
9	1,341	34	0,412	59	0,227−	84	0,994−
10	1,282	35	0,385	60	0,253−	85	1,036−
11	1,227	36	0,358	61	0,279−	86	1,080−
12	1,175	37	0,331	62	0,305−	87	1,126−
13	1,126	38	0,305	63	0,331−	88	1,175−
14	1,080	39	0,279	64	0,358−	89	1,227−
15	1,036	40	0,253	65	0,385−	90	1,282−
16	0,994	41	0,227	66	0,412−	91	1,341−
17	0,954	42	0,202	67	0,439−	92	1,405−
18	0,915	43	0,176	68	0,467−	93	1,476−
19	0,878	44	0,151	69	0,495−	94	1,555−
20	0,841	45	0,125	70	0,524−	95	1,645−
21	0,806	46	0,100	71	0,553−	96	1,751−
22	0,772	47	0,075	72	0,582−	97	1,881−
23	0,739	48	0,050	73	0,612−	98	2,054−
24	0,706	49	0,025	74	0,643−	99	2,327−
25	0,674	50	0,000	75	0,674−		

17 خسارة الإرسال الأساسي المكافئ

عند الضرورة، تعطى خسارة الإرسال الأساسي المكافئ بواسطة:

$$L_b = 139{,}3 - E + 20 \log f \quad \text{dB} \tag{40}$$

حيث:

L_b: خسارة الإرسال الأساسي (dB)

E: شدة المجال (dB(μV/m)) بالنسبة إلى 1 kW من القدرة المشعة المكافئة

f: التردد (MHz).

18 تقريب طول مسير خلوص قدره 0,6 من منطقة فرينل الأولى

يعطى طول المسير الذي يتطابق مع خلوص قدره 0,6 من منطقة فرينل الأولى على أرض منتظمة الانحناء، بالنسبة إلى تردد محدد وارتفاع الهوائيين h_1 وh_2، بصفة تقريبية بواسطة العلاقة:

$$D_{06} = \frac{D_f \cdot D_h}{D_f + D_h} \quad \text{km} \tag{41}$$

حيث:

D_f : مصطلح يتوقف على التردد

$$= 0{,}0000389\ f\ h_1 h_2 \quad \text{km} \tag{41a}$$

D_h : مصطلح يقارب يحدد بواسطة مسافات الأفق

$$= 4{,}1(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad \text{km} \tag{41b}$$

f : التردد (MHz)

h_1، h_2 : ارتفاعات الهوائي فوق أرض منتظمة (m).

ويجب، في المعادلات الواردة أعلاه، أن تكون قيمة h_1 محددة، عند الضرورة، بحيث لا تقل عن صفر. وعلاوة على ذلك، يجب أن تكون القيم الناتجة D_{06} محدودة، عند الضرورة، بحيث لا تقل عن 0,001 km.

الملحق 6

إجراء يخص تطبيق هذه التوصية

أُعد الإجراء التدريجي الوارد أدناه بغرض تطبيقه على القيم التي تم استخلاصها من جداول شدة المجال بالمقارنة مع المسافة وهي تتوفر لدى مكتب الاتصالات الراديوية. غير أنه من الممكن تطبيقها على القيم التي تم الحصول عليها انطلاقاً من المنحنيات، وفي هذه الحالة، لا يعد إجراء الاستكمال الداخلي للمسافة الوارد في المرحلة 5.1.8 ضرورياً ويضم الجدول 4 أدناه قائمة مصغرة لمعلمات الدخل (وحدودها) التي ستستعمل كأساس للقيم الناتجة عن جداول شدة المجال نسبةً إلى المسافة.

الجدول 4

قائمة معلمات الدخل وحدودها

المعلمة	الوحدات	التعريف	الحدود
f	MHz	تردد التشغيل	MHz 3 000-30
d	km	طول المسير الأفقي	أقل من Km 1 000
p	%	النسبة المئوية من الوقت معرف في الفقرة 8 من الملحق 1	%50-1
h_1	m	ارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة كما يرد في المنحنيات. وهو معرف في المعادلات من (4) إلى (7) في الفقرة 3 من الملحق 5 ويرد تعريف الحدود في الفقرة 1.4	في البرية – لا يوجد حد أدنى، الحد الأعلى m 3 000 في البحر – الحد الأدنى m 1 الحد الأعلى m 3 000
h_a	m	ارتفاع هوائي الإرسال عن سطح الأرض. وتعريفه في الفقرة 1.1.3 من الملحق 5 ويرد تعريف الحدود في الفقرة 3 من الملحق 5	أكبر من 1
h_b	m	متوسط ارتفاع هوائي القاعدة فوق متوسط ارتفاع التضاريس 0.2 d وd km أقل من 15 km وحيث تتوفر معلومات عن التضاريس الأرضية.	لا يوجد – لكن هذه المعلمة لا توجد إلا في حالة المسيرات البرية حيث $d <$ 15 km
h_2	m	ارتفاع هوائي استقبال/متنقل فوق الأرض. وتعريفه في الفقرة 10 من الملحق 1	في البرية – لا تكون أقل من m 1 وأقل من m 3 000 في البحر – لا تكون أقل من m 3 وأقل من m 3 000
R_1	m	ارتفاع جلبة نموذجي (حول المرسل)	لا يوجد
R_2	m	ارتفاع جلبة نموذجي (حول المستقبل)	لا يوجد
θ_{tca}	درجات	زاوية خلوص الأرض	من 0,55 إلى 40 درجة
θ_{eff} θ_{eff1} θ_{eff2}	درجات	زوايا خلوص الأرض الفعلية لمرسل/القاعدة. الفقرة 9، الملحق 5	يجب أن تكون موجبة

إذا كانت المسافة الأفقية المطلوبة تساوي km 0,04 أو أقل، يُبدأ بالمرحلة 17. وإذا كانت المسافة الأفقية المطلوبة أكبر من km 0,04 وأقل من km 1، ينبغي اتباع المراحل من 1 إلى 16 بإسناد قيمة km 1 للمسافة d، واتباع المراحل الباقية بعد ذلك بإسناد القيمة المطلوبة للمسافة d. وبخلاف ذلك ينبغي اتباع جميع المراحل بإسناد القيمة المطلوبة للمسافة d.

المرحلة 1: تحديد نمط الانتشار (بري أو بحري بارد أو بحري ساخن). وإذا كان المسير مختلطاً، يجري عندئذ تحديد نمطين من المسير يمكن النظر إليهما على أنهما مرتبطين بالنمط الأول والثاني للانتشار. وإذا كان بالإمكان تمثيل المسير بواسطة نمط واحد، ينظر عندئذ إلى ذلك كنمط أول للانتشار ولا ينبغي من ثم تطبق طريقة المسيرات المتعددة الواردة في المرحلة 11.

المرحلة 2: بالنسبة إلى أية نسبة مئوية من الوقت (في المدى من 1% إلى 50% من الوقت)، تحديد نسبتين مئويتين اسميتين من الوقت كما يلي:

- نسبة الوقت المئوية المطلوبة > 1 و< 10، تكون النسب المئوية الاسمية الأعلى والأدنى 1 و10 على التوالي؛
- نسبة الوقت المئوية المطلوبة > 10 و< 50، تكون النسب المئوية الاسمية الأعلى والأدنى 10 و50 على التوالي.

وإذا كانت النسبة المئوية من الوقت المطلوبة مساوية للقيمة 1% أو 10% أو 50%، يجب النظر إلى هذه القيمة كنسبة مئوية اسمية أخفض ولا تعد عملية الاستكمال الداخلي المشار إليها في المرحلة 10 لازمة.

المرحلة 3: بالنسبة إلى كل تردد مطلوب (في المدى من 30 إلى 3 000 MHz)، تحديد ترددين اسميين كما يلي:

– إذا كان التردد المطلوب أقل من 600 MHz، تكون قيمة الترددات الاسمية الأدنى والأعلى 100 و600 MHz على التوالي؛

– إذا كان التردد المطلوب أعلى من 600 MHz، تكون قيمة الترددات الاسمية الأدنى والأعلى 600 و2000 MHz، على التوالي؛

وإذا كان التردد المطلوب مساوياً للقيمة 100 أو 600 أو 2 000 MHz، يجب النظر إلى هذه القيمة على أنها التردد الاسمي الأدنى ولا تعد عملية الاستكمال الداخلي/الاستكمال الخارجي الواردة في المرحلة 9 لازمة.

المرحلة 4: تحديد المسافات الاسمية الأدنى والأعلى في الجدول 1 التي تعد أكثر قرباً من المسافة المطلوبة. وإذا تطابقت المسافة المطلوبة مع قيمة في الجدول 1، ينبغي النظر إلى هذه الأخيرة على أنها المسافة الاسمية الأدنى ولا تعد عملية الاستكمال الداخلي الواردة في المرحلة 5.1.8 لازمة.

المرحلة 5: بالنسبة إلى نمط الانتشار الأول، اتباع المراحل من 6 إلى 11.

المرحلة 6: بالنسبة إلى النسبة المئوية الأدنى من الوقت، اتباع المراحل من 7 إلى 10.

المرحلة 7: بالنسبة إلى التردد الاسمي الأدنى، اتباع المرحلتين 8 و9.

المرحلة 8: الحصول على شدة المجال التي تم تجاوزها بالنسبة إلى 50% من المواقع بالنسبة إلى هوائي استقبال/متنقل عند الارتفاع R_2 الممثل للعوائق فوق الأرض بالنسبة إلى المسافة المطلوبة وارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، كما يلي:

المرحلة 1.8: بالنسبة إلى ارتفاع هوائي إرسال/قاعدة، h_1 يساوي أو يفوق 10 m، اتباع المراحل من 1.1.8 إلى 6.1.8:

المرحلة 1.1.8: تحديد القيم الاسمية h_1 الأدنى والأعلى بواسطة الطريقة الواردة في الفقرة 1.4 من الملحق 5. وإذا تطابقت h_1 مع إحدى القيم الاسمية التالية 10 و20 و37,5 و75 و150 و300 و600 أو 1 200 m، يجب أن تؤخذ هذه القيمة على أنها القيمة الاسمية الأدنى h_1 ولا تعد عملية الاستكمال الداخلي الواردة في المرحلة 6.1.8 لازمة.

المرحلة 2.1.8: بالنسبة إلى القيمة الاسمية الأدنى h_1، اتباع المراحل من 3.1.8 إلى 5.1.8.

المرحلة 3.1.8: بالنسبة إلى القيمة الاسمية الأدنى للمسافة، اتباع المرحلة 4.1.8.

المرحلة 4.1.8: الحصول على شدة المجال التي تم تجاوزها عند 50% من المواقع بالنسبة إلى هوائي استقبال/متنقل عند الارتفاع R_2 الممثل للعوائق، بالنسبة إلى قيم المسافة المطلوبة d وارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة، h_1.

المرحلة 5.1.8: إذا لم تتطابق المسافة المطلوبة مع المسافة الاسمية الأدنى، يجري إعادة المرحلة 4.1.8 بالنسبة إلى المسافة الاسمية الأعلى وإجراء استكمال داخلي لقيمتي شدة المجال بالنسبة إلى المسافة بواسطة الطريقة الواردة في الفقرة 5 من الملحق 5.

المرحلة 6.1.8: إذا لم يتطابق الارتفاع المطلوب لهوائي الإرسال/القاعدة، h_1، مع واحدة من القيم الاسمية، تُعاد المراحل من 3.1.8 إلى 5.1.8 ويُجرى استكمال داخلي/خارجي بالنسبة إلى h_1 باستعمال الطريقة المعطاة في الفقرة 1.4 من الملحق 5. وعند الضرورة، تحدد النتيجة عند القيمة القصوى المعطاة في الفقرة 2 من الملحق 5.

المرحلة 2.8: بالنسبة إلى ارتفاع هوائي إرسال/قاعدة، h_1 أقل من 10 m، تحديد شدة المجال بالنسبة إلى الارتفاع المطلوب والمسافة باستعمال الطريقة الواردة في الفقرة 2.4 من الملحق 5. وإذا كان الارتفاع h_1 أقل من صفر، ينبغي كذلك استعمال الطريقة الواردة في الفقرة 3.4 من الملحق 5.

المرحلة 9: إذا لم يتطابق التردد المطلوب مع التردد الاسمي الأدنى، تُعاد المرحلة 8 بالنسبة إلى التردد الاسمي الأعلى، ويُجرى استكمال داخلي أو استكمال خارجي لشدة المجالين بواسطة الطريقة الواردة في الفقرة 6 من الملحق 5. وعند الضرورة، تحدد النتيجة عند شدة المجال القصوى على نحو ما يرد في الفقرة 2 من الملحق 5.

المرحلة 10: إذا لم تتطابق النسبة المئوية من الوقت المطلوبة مع النسبة المئوية الزمنية الاسمية الأدنى، تُعاد المراحل من 7 إلى 9 بالنسبة إلى النسبة المئوية الاسمية من الوقت الأعلى، ويُجرى الاستكمال الداخلي لشدة المجالين بواسطة الطريقة الواردة في الفقرة 7 من الملحق 5.

المرحلة 11: إذا كان التنبؤ يتعلق بمسير مختلط، يجري اتباع الإجراء التدريجي الوارد في الفقرة 8 من الملحق 5. وتقتضي هذه العملية استعمال المراحل من 6 إلى 10 بالنسبة إلى المسيرات الخاصة بكل نمط من أنماط الانتشار. وتجدر الإشارة إلى أنه في حالة وجود أجزاء مختلفة من المسير مصنفة في شكل بحر بارد وبحر ساخن على حد سواء، يجب أن تصنف كل الأجزاء البحرية بوصفها مطابقة للبحار الساخنة.

المرحلة 12: في حالة تيسر معلومات بشأن زاوية خلوص للأرض عند هوائي استقبال/متنقل مجاور للأرض، تصحح شدة المجال بالنسبة إلى زاوية خلوص للأرض عن هوائي استقبال/متنقل بواسطة الطريقة الواردة في الفقرة 11 من الملحق 5.

المرحلة 13: حساب القيمة المقدرة لشدة المجال الناجمة عن الانتثار الجوي باستخدام الطريقة المذكورة في الفقرة 13 من الملحق 5 وأخذ القيمة القصوى لشدتي المجال E وE_{ts}.

المرحلة 14: تصحيح شدة المجال بالنسبة إلى ارتفاع هوائي الاستقبال/المتنقل، h_2 باستعمال الطريقة الواردة في الفقرة 9 من الملحق 5.

المرحلة 15: إذا وُجدت جلبة حول مطراف الإرسال/القاعدة، حتى على ارتفاع عن الأرض أخفض من ارتفاع الهوائي تصحح شدة المجال باستعمال الطريقة الواردة في الفقرة 10 من الملحق 5.

المرحلة 16: تطبيق تصحيح مسير الميل المعطى في الفقرة 14 من الملحق 5.

المرحلة 17: تعطي الفقرة 15 من الملحق 5 طريقة للمسيرات التي تقل عن كيلومتر واحد. وكما جاء قبل المرحلة 1 أعلاه مباشرةً، قد تقتضي الضرورة أولاً اتباع المراحل من 1 إلى 16 إذا كانت المسافة d تساوي كيلومتراً واحداً.

المرحلة 18: إذا كانت شدة المجال عند هوائي استقبال/متنقل مجاور للأرض بخلاف 50% مطلوبة، تصحح شدة المجال بالنسبة إلى النسبة المئوية المطلوبة للموقع بواسطة الطريقة الواردة في الفقرة 12 من الملحق 5.

المرحلة 19: عند الضرورة، تحديد شدة المجال الناتجة إلى الحد الأقصى الوارد في الفقرة 2 من الملحق 5. وإذا تعين حساب مسير مختلط بالنسبة إلى نسبة مئوية من الوقت تقل عن 50%، سيكون من الضروري حساب أقصى شدة للمجال بواسطة استكمال داخلي خطي بين قيم المسيرات البرية البحتة والمسيرات البحرية البحتة. ويُعطى ذلك بواسطة:

$$E_{max} = E_{fs} + d_s E_{se} / d_{total} \qquad \text{dB(μV/m)} \tag{42}$$

حيث:

E_{fs}: شدة المجال في الفضاء الحر تُعطى بواسطة المعادلة (2) الواردة في الفقرة 2 من الملحق 5

E_{se}: تحسين النسب المئوية الصغيرة من الوقت بالنسبة إلى مسير بحري بواسطة المعادلة (3) في الفقرة 2 من الملحق 5

d_s: المسافة البحرية الإجمالية (km)

d_{total}: مسافة المسير الإجمالية (km).

المرحلة 20: عند الضرورة، تحويل شدة المجال إلى خسارة إرسال أساسي مكافئ بالنسبة إلى المسير باستعمال الطريقة الواردة في الفقرة 17 من الملحق 5.

الملحق 7

التكيف مع مناطق مناخية أخرى

تستند منحنيات الملحقات 2 و3 و4 إلى قياسات أجريت في مناخات معتدلة. وبصفة عامة، لا يمكن التنبؤ على نحو دقيق بشدة المجال في مناطق من العالم حيث يختلف تدرج الانكسار الجوي الأفقي اختلافاً كبيراً عما هو عليه في المناطق المعتدلة.

ويمكن استعمال الطريقة الآتية لتطبيق معلومات تدرج الانكسار الجوي الأفقي المستخلصة من التوصية ITU-R P.453 لتصحيح المنحنيات الواردة في الملحقات 2 و3 و4 بغرض استعمالها في أي منطقة من مناطق العالم. وتعطي ملفات معطيات التوصية ITU-R P.453 تدريجات الانكسارية في الـ 65 متراً الأولى من الجو في شكل قيم سالبة في الوحدات *N*/km.

وتُعتبر المنحنيات الواردة في الملحقات 2 و3 و4 بالنسبة إلى طريقة التكيف ممثلة لقيم مرجعية تخص التدرج dN_0 الذي يعطى بواسطة:

بالنسبة إلى قيم شدة المجال التي تم تجاوزها خلال 50% من الوقت: $dN_0 = -43{,}3$ N-units/km (43a)

بالنسبة إلى قيم شدة المجال التي تم تجاوزها خلال 10% من الوقت: $dN_0 = -141{,}9$ N-units/km (43b)

بالنسبة إلى قيم شدة المجال التي تم تجاوزها خلال 1% من الوقت: $dN_0 = -301{,}3$ N-units/km (43c)

ولتكييف عائلة من منحنيات شدة المجال مع منطقة راديوية مناخية مختلفة، يُعطى الفارق بين التدرج ΔN بواسطة:

$$\Delta N = dN_0 - dN \tag{44}$$

حيث:

dN: يُحصل على التدرج الذي تم تجاوزه بالنسبة إلى نسبة مئوية من الوقت للمنحنيات التي يتعين تصحيحها انطلاقاً من ملفات معطيات التوصية ITU-R P.453، DNDZ_50.TXT، DNDZ_10.TXT، DNDZ_01.TXT بالنسبة إلى 50%، 10% و1% من الوقت، على التوالي.

dN_0: يُعطى التدرج المرجعي فيما يتعلق بالنسبة المئوية من الوقت الخاصة بالمنحني الذي يتعين تصحيحه بواسطة المعادلة (40).

ويُضاف تصحيح لأقصى شدة المجال، بالنسبة إلى أي مسافة، d (km)، إذا كانت dN أقل أو مساوية للقيمة $-301{,}3$، بواسطة:

$$\delta E_{max} = 0{,}007\,(-301{,}3 - dN)\,\{1 - \exp(-d/50)\}\exp(-d/6\,000) \quad \text{dB} \tag{45}$$

مع الإشارة إلى أن قيمة شدة المجال القصوى لا تُصحح إذا كانت dN أعلى أو مساوية للقيمة $-301{,}3$.

يُعطى حساب عامل التدرج K بواسطة:

$$K = 14{,}94 - 6{,}693 \times 10{-}6\,(1\,494 - \Delta N)2 \quad \Delta N > 0 \tag{46a}$$

$$= 0{,}08\,\Delta N \quad \Delta N \le 0 \tag{46b}$$

ويضاف تصحيح δE_1 بالنسبة إلى المنحني الأدنى في العائلة التي يتعين تصحيحها، أي بالنسبة إلى $h_1 = 10$ m. ويُعطى هذا التصحيح بواسطة:

$$\delta E_1 = K\,\{1 - \exp(-d/50)\}\exp(-d/6\,000) \quad \text{dB} \tag{47}$$

وعند الضرورة، يجب تحديد قيمة δE_1 كما يلي:

– يجب أن تكون δE_1 محدودة بحيث لا تتجاوز شدة المجال المصححة شدة المجال القصوى المصححة.

– إذا كانت ΔN أكبر من صفر، يجب أن تُحدد δE_1 بحيث لا يكون الفارق بين قيمة شدة المجال القصوى المصححة وشدة المجال h_1 = 10 m أقل من القيمة التي توجد في المنحنيات غير المصححة. مع الإشارة إلى أنه لا يجري تطبيق هذا الشرط عندما تكون قيمة ΔN سالبة.

تصحيح قيم شدة المجال بالنسبة إلى قيم h_1 الأخرى بواسطة الصيغة التالية، بحيث يكون التوزيع بين القيمة القصوى والقيمة التي تتعلق بـ h_1 = 10 m متناسباً مع القيمة التي تتعلق بالمنحنيات قبل التصحيح:

$$E'_n = E'_1 + (E_n - E_1)\,(E'_{max} - E'_1) / (E_{max} - E_1) \quad (48)$$

حيث:

E_1: قيمة شدة المجال بالنسبة إلى h_1 = 10 m

E_n: قيمة شدة المجال بالنسبة إلى h_1 أعلى من 10 m

E_{max}: أقصى قيمة شدة المجال.

وتدل الأعداد الأولية على القيم بعد التصحيح.

الملحق 8

المقارنة مع طريقة أوكومورا – هاتا

تُعطى طريقة أوكومورا–هاتا بواسطة:

$$E = 69{,}82 - 6{,}16 \log f + 13{,}82 \log H_1 + a(H_2) - (44{,}9 - 6{,}55 \log H_1)\,(\log d)^b \quad (49)$$

حيث:

E: شدة المجال (dB(μV/m)) بالنسبة إلى 1 kW من القدرة المشعة المكافئة

f: التردد (MHz)

H_1: الارتفاع الفعال لهوائي المحطة القاعدة فوق الأرض **(m)** في المدى من 30 إلى 200 m

H_2: الارتفاع فوق الأرض لهوائي المحطة المتنقلة **(m)** في المدى من 1 إلى 10 m.

d: المسافة **(km)**

$$a(H_2) = (1{,}1 \log f - 0{,}7)\,H_2 - (1{,}56 \log f - 0{,}8)$$

$$b = 1 \text{ بالنسبة إلى } d \leq 20 \text{ km}$$

$$b = 1 + (0{,}14 + 0{,}000187\, f + 0{,}00107\, H'_1)\,(\log [0{,}05\, d])^{0{,}8} \quad \text{for } d > 20 \text{ km}$$

حيث:

$$H'_1 = H_1 / \sqrt{1 + 0{,}000007\, H_1^2}$$

تؤدي هذه التوصية إلى نتائج شبيهة بتلك التي تؤدي إليها طريقة أوكومورا – هاتا بالنسبة إلى مسافات تبلغ 10 km، في حالة $h_2 = H_2 = 1{,}5$ m وفي حالة $R = 15$.