

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R P.528-3
(2012/02)

منحنيات الانتشار للخدمات المتنقلة للطيران وخدمات
الملاحة الراديوية العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF)
والموجات الديسيمترية (UHF) والموجات السنتمترية (SHF)

السلسلة P

انتشار الموجات الراديوية



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 مدى 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 تقييم الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستثمارات 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>)

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

ملاحظة: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار

ITU-R 1

النشر الإلكتروني

جنيف، 2013

© ITU 2013

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.528-3**

منحنيات الانتشار للخدمات المتنقلة للطيران وخدمات الملاحة الراديوية العاملة
في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF)
والموجات السنتيمترية (SHF)

(المسألة 203/3 ITU-R)

(1978-1982-1986-2012)

مجال التطبيق

تحتوي هذه التوصية على طريقة للتنبؤ بخسارة الإرسال الأساسية في المدى الترددي 125-15 500 MHz للخدمات المتنقلة للطيران والساتلية. وتستخدم هذه الطريقة طريقة استكمال داخلي للبيانات الأساسية لخسارة الإرسال من مجموعات من المنحنيات. وتصلح مجموعات المنحنيات هذه لوصلات أرض-جو وأرض-ساتل وجو-ساتل وساتل-ساتل. ولا تلزم بيانات لهذه الطريقة سوى المسافة بين الهوائيات ومرتفعات الهوائيات فوق متوسط مستوى سطح البحر والتردد، والنسبة المئوية من الوقت. كما تعطي هذه التوصية أيضاً الحسابات لنسبة الحماية المتوقعة أو نسبة تجاوز الإشارة المطلوبة إلى غير المطلوبة في جهاز الاستقبال لمدة لا تقل عن 95% من الوقت، $R(0,95)$. ويتطلب هذا الحساب البيانات الإضافية التالية للإشارات المطلوبة وغير المطلوبة على حد سواء: القدرة المرسل، وكسب هوائي الإرسال، وكسب هوائي الاستقبال.

إن جمعية الاتصالات الراديوية بالاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

- أ) أن هناك احتياجاً لإرشاد المهندسين في تخطيط خدمات الراديو في نطاقات الموجات المترية والديسيمترية والسنتيمترية؛
- ب) أن نموذج الانتشار المستخدم لإنتاج المنحنيات الواردة في الملحق 2 مبني على قدر كبير من البيانات التجريبية (انظر الملحق 1)؛
- ج) أن خدمات الاتصال للطيران توفر غالباً وظيفة سلامة الحياة، وعليه تتطلب نمطاً من التيسر أعلى من كثير من الخدمات الأخرى؛
- د) يجب استخدام تيسرية من الوقت قدرها 0,95 للحصول على خدمة أكثر اعتمادية،

توصي

- 1) بتبني المنحنيات الواردة في الملحق 3 لتحديد خسارة الإرسال الأساسي لنسب 1% و5% و10% و50% و95% من الوقت ولا ارتفاعات الهوائيات (للمحطة الأرضية وللطائرة) المحتمل أن تصادف في الخدمات للطيران.
- الملاحظة 1 - يجب التشديد على أن هذه المنحنيات مبنية على بيانات حاصلة أساساً لمناخ قاري معتدل.
- الملاحظة 2 - تعطي المنحنيات خسارة الإرسال الأساسية، أي الخسارة بين هوائيين مثاليين متناحيين خاليين من الخسارة. حيث تخفف انعكاس السطح المتعدد المسيرات في المحطة الأرضية أو المرفق بواسطة أفعال موازنة، وإلا ينبغي أن يتضمن التحليل مخطط إشعاع رأسي اتجاهي يناسب مخطط إشعاع الهوائي.

* ترفع هذه التوصية إلى علم لجنة الدراسات 5.

** أدخلت لجنة الدراسات 3 تعديلات صياغية على هذه التوصية في أبريل 2015 وفقاً للقرار ITU-R 1.

الملحق 1

إعداد المنحنيات وتطبيقها

لقد تم توسيع طرائق التنبؤ بخسارة الإرسال ودمجها في نموذج الانتشار (IF-77) الذي يحدد خسارة الإرسال الأساسي لنسب 1% و 5% و 10% و 50% و 95% من الوقت من ارتفاعات الهوائيات الممكن تطبيقها على خدمات الطيران. هذه الطرائق مبنية على قدر كبير من البيانات التجريبية، وقد أجريت مقارنات موسعة بين التنبؤ والبيانات، [1979]. وعند إجراء هذه الحسابات، استخدمت أرض ملساء (معلمة التضاريس $0 = \Delta h$) بعامل نصف القطر الفعال للكرة الأرضية $k = 4/3$ (انكسارية السطح $N_s = 301$) مع تعويض الانحناء المزيد للأشعة المصاحب للنموذج حيث $k = 4/3$ عند الارتفاعات العالية. كذلك استخدمت ثوابت للاستقطاب الأفقي على الأرض الوسطية والهوائيات المتناحية وإحصائيات عن خبو القدرة على المدى الطويل للأجواء القارية المعتدلة. وبالرغم من أن هذه المعلمات يمكن اعتبارها إما معقولة أو تصف أسوأ حال للكثير من الاستخدامات، يجب استخدام المنحنيات بجزر إذا ما اختلفت الظروف كثيراً عن تلك المفترضة.

وباستثناء المنطقة "المجاورة" للأفق الراديوي، حصل على متوسط الخسارة للإرسال الأساسي للمسيرات داخل الأفق بإضافة التوهين بسبب الامتصاص في الغلاف الجوي (ديسيل) إلى خسارة الإرسال المناظر لأحوال الفضاء الحر. أما داخل المنطقة المجاورة للأفق فقد حسبت قيم خسارة الإرسال باستخدام قواعد الهندسة الضوئية، ليدخل في الحساب تأثير التداخل بين الشعاع المباشر وشعاع منعكس على سطح الأرض. وقد ضمت قطع المنحنيات الناتجة من هاتين الطريقتين لتكوّن منحنيًا يظهر الخسارة الأوسط للإرسال الأساسي بحيث تتزايد برتابة مع المسافة.

لم يقتصر استخدام نموذج التداخل بين شعاعين على المنطقة القريبة من الأفق فقط، حيث إن بنية الفصوص الحاصلة منه للمسيرات القصيرة تعتمد بدرجة عالية على خصائص السطح (الخشونة بالإضافة للثوابت الكهربائية) والأحوال الجوية (يتغير نصف القطر الفعال للكرة الأرضية مع الوقت) وخصائص الهوائي (الاستقطاب والتوجيه ومخطط الكسب). مثل تلك المنحنيات غالباً ما تكون مضللة أكثر مما هي مفيدة، أي أن البنية التفصيلية للفصوص تعتمد كثيراً على معلمات يصعب تحديدها بدقة كافية. مع ذلك، فقد أعطيت بنية الفصوص اعتباراً إحصائياً في حساب التغييرية.

ولأوقات التيسر غير 0,50 لا تزيد دائماً خسارة الإرسال الأساسي L_b مع المسافة. ويحدث هذا لأن الاختلافات في التغييرية مع المسافة يمكن أن تزيد أحياناً على اختلافات السوية الوسطية. وتحتوي التغييرية على مشاركات من خبو القدرة الوسطى الساعية والخبو على المدى الطويل ومن خبو تداخل الطور أثناء الساعة أو على المدى القصير. ويشمل الخبو القصير المدى الانعكاس السطحي وتعدد المسيرات التروبوسفيرية.

والمنحنيات الموجودة في الملحق 3، هي منحنيات منتقاة من مجموعة أكبر كثيراً من المنحنيات التي تم إعدادها وتطبيقها باستخدام الحاسوب.

ويمكن استخدام منحنيات خسارة الإرسال الأساسي $L_b(0,05)$ لتقدير قيم L_b لإشارة متداخلة غير مطلوبة يتم تجاوزها خلال 95% (5%-100%) من الوقت. أما ظروف الانتشار الوسطى (50%) فيمكن تقديرها من منحنيات $L_b(0,50)$. أما المنحنيات $L_b(0,95)$ فيمكن استخدامها لتقدير حد مدى الخدمة لإشارة مطلوبة، تكون الخدمة متيسرة عندها لنسبة 95% من الوقت في غياب التداخل.

ويمكن تقدير نسبة الحماية المتوقعة أو نسبة الإشارة المطلوبة إلى غير المطلوبة التي يتم تجاوزها عند المستقبل لنسبة 95% من الوقت على الأقل $R(0,95)$ باستخدام منحنيات الملحق 3 كالتالي:

$$(1) \quad R(0.95) = R(0.50) + Y_R(0.95)$$

$$(2) \quad R(0.50) = [P_t + G_t + G_r - L_b(0.50)]_{Wanted} - [P_t + G_t + G_r - L_b(0.50)]_{Unwanted}$$

و:

$$(3) \quad Y_R = - \sqrt{[L_b(0.95) - L_b(0.50)]_{Wanted}^2 + [L_b(0.05) - L_b(0.50)]_{Unwanted}^2}$$

وفي المعادلة (2)، P_f هي القدرة المرسل، و G_f و G_T هما كسب الهوائيين المتناحيين للإرسال والاستقبال معبراً عنهما بالديسيبل (dB). ويمكن ضم تغييرات إضافية إلى المعادلة (3)، لمثل كسب الهوائي إذا أمكن تحديد التغييرات لها. إن استمرارية الخدمة (100%) من الوقت أو الاستفادة من قنوات في آن واحد، مضمن في صياغة المقدار $R(0,95)$ الوارد أعلاه بحيث يمكن دراسة تأثير التشغيل المتقطع للمرسل على حدة.

وعلى الرغم من أن قيم خسارة الإرسال يمكن أن تُقرأ مباشرة من المنحنيات المعروضة كأشكال في الملحق 3 بهذه التوصية، تتوفر جداول لتقييم خسارة الإرسال. انظر الجزء الذي يتناول لجنة الدراسات 3 بقطاع الاتصالات الراديوية في الموقع الإلكتروني لهذا القطاع. فجدول البيانات متاحة في موقع لجنة الدراسات 3 على شبكة الإنترنت.

الملحق 2

وصف طرائق الاستكمال الداخلي

1 مقدمة

يصف هذا الملحق مراحل منفصلة من الحساب. ويرد وصف خطوة بخطوة لطريقة الاستكمال الداخلي العام في الفقرة 8 من هذا الملحق.

وتعطي الفقرة 2 حساب شدة المجال من قيمة (أو قيم) خسارة الإرسال المأخوذة من المنحنيات الواردة في الملحق 3. وتصف الفقرات 3 إلى 8 كيفية الاستكمال الداخلي للمسافة وللارتفاعين h_1 و h_2 والتردد والنسبة المئوية من الوقت.

2 شدة المجال المكافئة

تعطى شدة المجال المكافئة لخسارة إرسال معينة كما يلي:

$$(4) \quad E = 139.3 - L_t + 20 \log f \quad \text{dB } (\mu\text{V/m})$$

حيث:

E : شدة المجال (dB $(\mu\text{V/m})$) من أجل قدرة إشعاع فعالة (e.r.p.) بقيمة 1 kW

L_t : خسارة الإرسال (dB)

f : التردد (MHz).

3 ارتفاعا الهوائي h_1 و h_2

إذا تطابقت قيمة h_1 أو h_2 مع أحد الارتفاعات التي توفّر لها منحنيات، يمكن الحصول على القيم المطلوبة لخسارة الإرسال مباشرة من المنحنيات المرسومة أو الجداول المرتبطة بها. وإلا ينبغي استكمال خسارة الإرسال المطلوبة داخلياً من خسائر الإرسال المحصّلة من اثنين من المنحنيات باستخدام:

$$(5) \quad L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(h_{1or2} / h_{inf}) / \log(h_{sup} / h_{inf}) \quad \text{dB}$$

حيث:

h_1 و h_2 : ارتفاعا الهوائيين فوق متوسط مستوى سطح البحر اللذان يُطلب التنبؤ لهما (m)

h_{inf} : أقرب ارتفاع اسمي فعال تحت h_1 أو h_2

h_{sup} : أقرب ارتفاع اسمي فعال فوق h_1 أو h_2

L_{inf} : قيمة خسارة الإرسال للارتفاع h_{inf} في المسافة المطلوبة

L_{sup} : قيمة خسارة الإرسال للارتفاع h_{sup} في المسافة المطلوبة.

4 الاستكمال الداخلي لخسارة الإرسال كدالة مسافة

إذا لم تُطابق المسافة d إحدى المسافات الواردة في جداول القيم، ينبغي إجراء الاستكمال الداخلي لخسارة الإرسال خطياً من أجل لوغاريتم المسافة باستخدام:

$$(6) \quad L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(d / d_{inf}) / \log(d_{sup} / d_{inf}) \quad \text{dB}$$

حيث:

d : المسافة التي يُطلب لها التنبؤ (km)

d_{inf} : أقرب مسافة مجدولة تقل عن d

d_{sup} : أقرب مسافة مجدولة تزيد عن d

L_{inf} : قيمة خسارة الإرسال على مسافة d_{inf}

L_{sup} : قيمة خسارة الإرسال على مسافة d_{sup} .

5 الاستكمال الداخلي لخسارة الإرسال كدالة تردد

إذا لم يكن تردد التنبؤ أحد الترددات الممثّلة في أشكال هذه التوصية أو في البيانات المجدولة، ينبغي حساب خسارة الإرسال المطلوبة باستخدام:

$$(7) \quad L = L_{inf} + (L_{sup} - L_{inf}) \log(f / f_{inf}) / \log(f_{sup} / f_{inf}) \quad \text{dB}$$

حيث:

f : التردد الذي يُطلب التنبؤ له (MHz)

f_{inf} : التردد الاسمي الأدنى

f_{sup} : التردد الاسمي الأعلى
 L_{inf} : قيمة خسارة الإرسال على التردد f_{inf}
 L_{sup} : قيمة خسارة الإرسال على التردد f_{sup} .

6 الاستكمال الداخلي لخسارة الإرسال كدالة النسبة المئوية من الوقت

ينبغي حساب قيم خسارة الإرسال لنسبة مئوية معينة من الوقت بالاستكمال الداخلي باستخدام:

$$(8) \quad L = L_{sup}(Q_{inf} - Q_t)/(Q_{inf} - Q_{sup}) + L_{inf}(Q_t - Q_{sup})/(Q_{inf} - Q_{sup}) \quad \text{dB}$$

حيث:

t : النسبة المئوية من الوقت التي يُتطلب التنبؤ لها

t_{inf} : النسبة المئوية الاسمية الدنيا من الوقت

t_{sup} : النسبة المئوية الاسمية العليا من الوقت

$$Q_i(t/100) = Q_t$$

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

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

L_{inf} : قيمة خسارة الإرسال خلال النسبة المئوية من الوقت t_{inf}

L_{sup} : قيمة خسارة الإرسال خلال النسبة المئوية من الوقت t_{sup} .

حيث $Q_i(x)$ هي دالة مقلوب التوزيع المكمل التراكمي الطبيعي التي يرد وصفها في الفقرة 7.

7 تقريب دالة مقلوب التوزيع المكمل التراكمي الطبيعي

يصح التقريب التالي لدالة مقلوب التوزيع المكمل التراكمي الطبيعي، $Q_i(x)$ ، من أجل $0,01 \leq x \leq 0,99$:

$$(9a) \quad Q_i(x) = T(x) - \xi(x) \quad \text{if } x \leq 0.5$$

$$(9b) \quad Q_i(x) = -\{T(1-x) - \xi(1-x)\} \quad \text{if } x > 0.5$$

حيث:

$$(9c) \quad T(x) = \sqrt{[-2 \ln(x)]}$$

$$(9d) \quad \xi(x) = \frac{[(C_2 \cdot T(x) + C_1) \cdot T(x)] + C_0}{[(D_3 \cdot T(x) + D_2) \cdot T(x) + D_1] \cdot T(x) + 1}$$

$$2,515517 = C_0$$

$$0,802853 = C_1$$

$$0,010328 = C_2$$

$$1,432788 = D_1$$

$$0,189269 = D_2$$

$$0,001308 = D_3$$

وترد القيم المعطاة بالمعادلات أعلاه في الجدول 1.

الجدول 1

القيم التقريبية لمقلوب التوزيع المكمل التراكمي الطبيعي

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

8 إجراء الاستكمال الداخلي للقيم الواردة في هذه التوصية

يراد لإجراء الخطوة بخطوة الوارد أدناه أن يطبق على القيم المشتقة من شدة المجال مقابل جداول المسافة المتاحة من مكتب الاتصالات الراديوية. غير أن ذلك يمكن أن يطبق أيضاً على القيم المأخوذة من المنحنيات.

الخطوة 1: للحصول على أي نسبة مئوية معينة من الوقت، تحدد نسبتان معويتان اسميتان من الوقت على النحو التالي:

- تسجل النسبة المئوية الاسمية الأقرب من الوقت دون النسبة المئوية المطلوبة من الوقت (وهذه هي النسبة المئوية الاسمية الدنيا من الوقت، t_{inf})؛

- تسجل النسبة المئوية الاسمية الأقرب من الوقت فوق النسبة المئوية المطلوبة من الوقت (وهذه هي النسبة المئوية العليا من الوقت، t_{sup}).

فإذا كانت النسبة المئوية المطلوبة من الوقت تساوي 1% أو 5% أو 10% أو 50% أو 95%، ينبغي اعتبار هذه القيمة على أنها النسبة المئوية الاسمية الدنيا من الوقت، ولا تلزم عملية الاستكمال الداخلي الواردة في الخطوة 8.

الخطوة 2: للحصول على أي تردد مطلوب، يحدّد ترددان اسميان على النحو التالي:

- يسجّل أقرب تردد اسمي تحت التردد المطلوب (وهذه هي القيمة الاسمية الدنيا، f_{inf})؛
- تسجّل خسارة أقرب تردد اسمي فوق التردد المطلوب (وهذه هي القيمة الاسمية العليا، f_{sup}).

فإذا كان التردد المطلوب يساوي واحداً من الترددات في الرسوم البيانية والبيانات الجدولة، ينبغي اعتبار هذه القيمة تردداً اسمياً أدنى ولا تلزم عملية الاستكمال الداخلي الواردة في الخطوة 7.

الخطوة 3: للحصول على المسافة المطلوبة، تحدّد مسافتان اسميتان على النحو التالي:

- تسجّل أقرب مسافة دون المسافة الاسمية المطلوبة (وهذه هي القيمة الاسمية الدنيا، d_{inf})؛
- تسجّل أقرب مسافة فوق المسافة الاسمية المطلوبة (وهذه هي القيمة الاسمية العليا، d_{sup}).

فإذا كانت المسافة المطلوبة تساوي واحدة من المسافات في الرسوم البيانية والبيانات الجدولة، ينبغي اعتبار هذه القيمة المسافة الاسمية الدنيا ولا تلزم عملية الاستكمال الداخلي الواردة في الخطوة 7.

الخطوة 4: للحصول على النسبة المئوية الاسمية الدنيا من الوقت، تُتبع الخطوات من 5 إلى 8.

الخطوة 5: للحصول على التردد الاسمي الأدنى، تُتبع الخطوتان 6 و7.

الخطوة 6: يتم الحصول على خسارة الإرسال للمسافة المطلوبة وارتفاع هوائي الإرسال/القاعدة على النحو التالي:

الخطوة 1.6: تحدد قيم h_2 الدنيا والعليا باستخدام الطريقة المبينة في الفقرة 3 من الملحق 2. وإذا تطابق الارتفاع h_2 مع واحدة من القيم الاسمية في الرسوم البيانية والبيانات الجدولة، ينبغي اعتباره القيمة الاسمية الدنيا للارتفاع h_2 ولا تلزم عملية الاستكمال الداخلي الواردة في الخطوة 9.6.

الخطوة 2.6: تحدد قيم h_1 الدنيا والعليا باستخدام الطريقة المبينة في الفقرة 3 من الملحق 2. وإذا تطابق الارتفاع h_1 مع واحدة من القيم الاسمية في الرسوم البيانية والبيانات الجدولة، ينبغي اعتباره القيمة الاسمية الدنيا للارتفاع h_1 ولا تلزم عملية الاستكمال الداخلي الواردة في الخطوة 8.6.

الخطوة 3.6: للحصول على القيمة الاسمية الدنيا h_2 ، تُتبع الخطوات من 4.6 إلى 6.6.

الخطوة 4.6: للحصول على القيمة الاسمية الدنيا h_1 ، تُتبع الخطوتان من 5.6 إلى 6.6.

الخطوة 5.6: للحصول على القيمة الاسمية للمسافة، تُتبع الخطوة 6.6.

الخطوة 6.6: يتم الحصول على قيمة خسارة الإرسال للقيم المطلوبة للمسافة، d ، وارتفاع الهوائي الإرسال/القاعدة، h_1 .

الخطوة 7.6: إذا لم تطابق المسافة المطلوبة المسافة الاسمية الدنيا، تُكرر الخطوة 6.6 للمسافة الاسمية العليا ويجرى استكمال داخلي لقيمتي خسارة الإرسال على المسافة باستخدام الطريقة المبينة في الفقرة 4 من الملحق 2.

الخطوة 8.6: إذا لم يطابق ارتفاع الهوائي المطلوب، h_1 ، واحدة من القيم الاسمية، تُكرر الخطوات 5.6 إلى 7.6 ويجرى استكمال داخلي لقيمتي خسارة الإرسال على الارتفاع h_1 باستخدام الطريقة المبينة في الفقرة 3 من الملحق 2.

الخطوة 9.6: إذا لم يطابق ارتفاع الهوائي المطلوب، h_2 ، واحدة من القيم الاسمية، تُكرر الخطوات 5.6 إلى 8.6 ويجرى استكمال داخلي لقيمتي خسارة الإرسال على الارتفاع h_2 باستخدام الطريقة المبينة في الفقرة 3 من الملحق 2.

- الخطوة 7: إذا لم يطابق التردد المطلوب التردد الاسمي الأدنى، تُكرر الخطوة 6 للتردد الاسمي الأعلى ويجري استكمال داخلي لقيمتي خسارة الإرسال على المسافة باستخدام الطريقة المبينة في الفقرة 5 من الملحق 2.
- الخطوة 8: إذا لم تطابق النسبة المئوية المطلوبة من الوقت النسبة المئوية الاسمية الدنيا المطلوبة من الوقت، تُكرر الخطوات من 5 إلى 7 للنسبة المئوية الاسمية العليا من الوقت ويجري استكمال داخلي لقيمتي خسارة الإرسال باستخدام الطريقة المبينة في الفقرة 6 من الملحق 2.
- الخطوة 9: إذا لزم الأمر، تُحوّل خسارة الإرسال إلى شدة مجال مكافئة على المسير باستخدام الطريقة الواردة في الفقرة 2 من الملحق 2.

الملحق 3

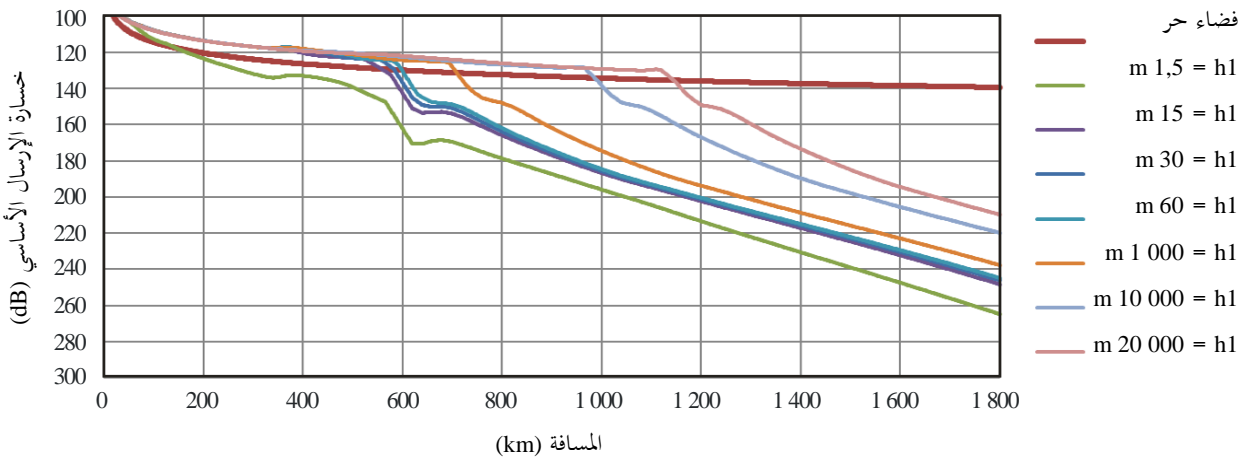
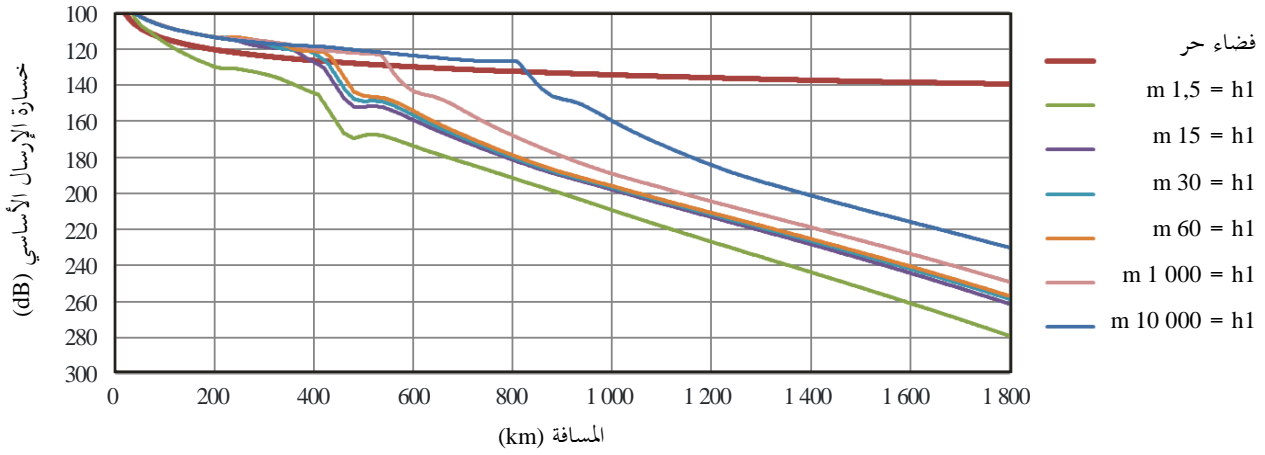
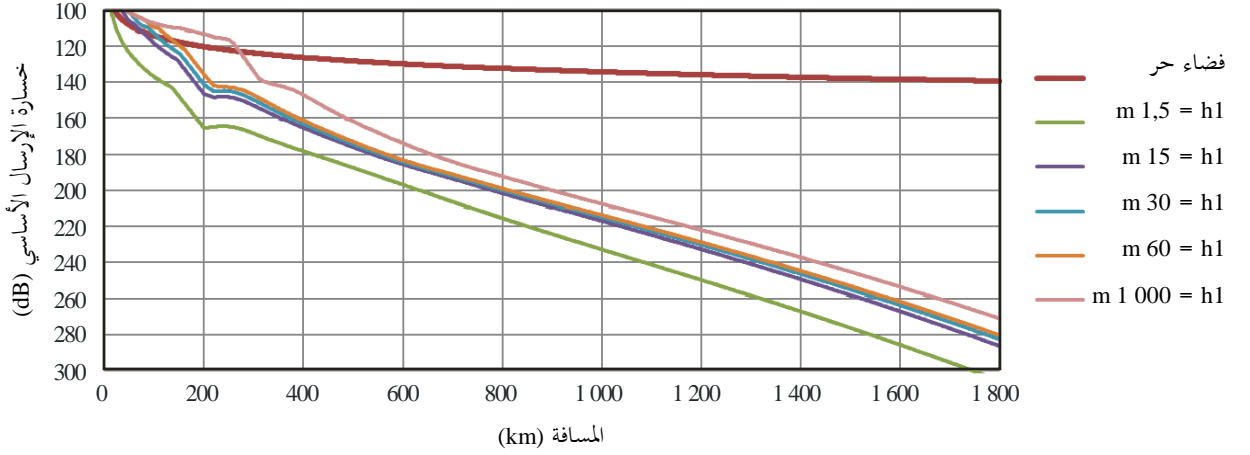
وصف المنحنيات

تحتوي الأشكال من 1-1 إلى 5-8 على منحنيات خدمة الطيران ويجب ملاحظة النقاط التالية:

- 1 تظهر الأشكال من 1-1 إلى 5-8 قيماً وسطى لخسارة الإرسال الأساسي L_b لكل من $L_b(0,01)$ و $L_b(0,05)$ و $L_b(0,10)$ و $L_b(0,50)$ و $L_b(0,95)$ على الترددات 125 و 300 و 600 و 1 200 و 2 400 و 5 100 و 9 400 و 15 500 MHz. والتي تتناظر بدورها مع أوقات تيسر 1% و 5% و 10% و 50% و 95%. فعلى سبيل المثال $L_b(0,95) = 200$ dB تعني أن خسارة الإرسال الأساسي ستكون 200 dB أو أقل أثناء 95% من الوقت.
- 2 يتكون كل شكل من ثلاث مجموعات، حيث مجموعات المنحنيات العليا والوسطى والدنيا توفر قيم 1 000 و 10 000 و 20 000 m على التوالي.
- 3 تتغير ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1 ، من 1,5 m إلى 20 000 m، وذلك لارتفاعات المحطة الأرضية والطائرة.
- 4 يناقش توسيع هذه المنحنيات واستخدامها في الملحق 1.
- 5 عند المسافة صفر فإن $L_b(0,50)$ هي ببساطة القيمة في الفضاء الحر المناظرة لطول مسير يساوي الفرق بين ارتفاعي الهوائيين. وقد حسبت منحنيات الفضاء الحر لفرق ارتفاع مقداره 19 985 m.

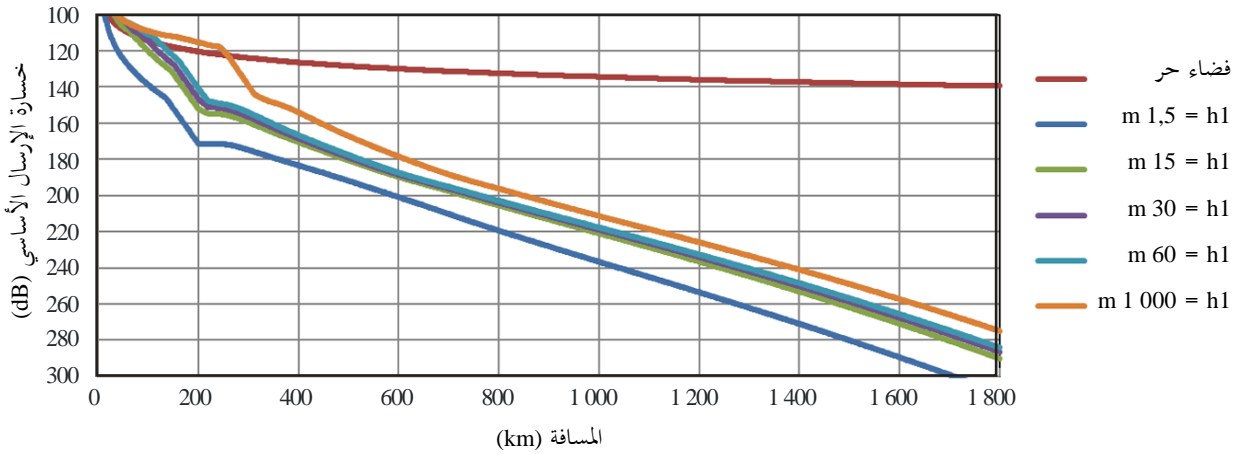
الشكل 1-1

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 125 MHz من أجل 1%
من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

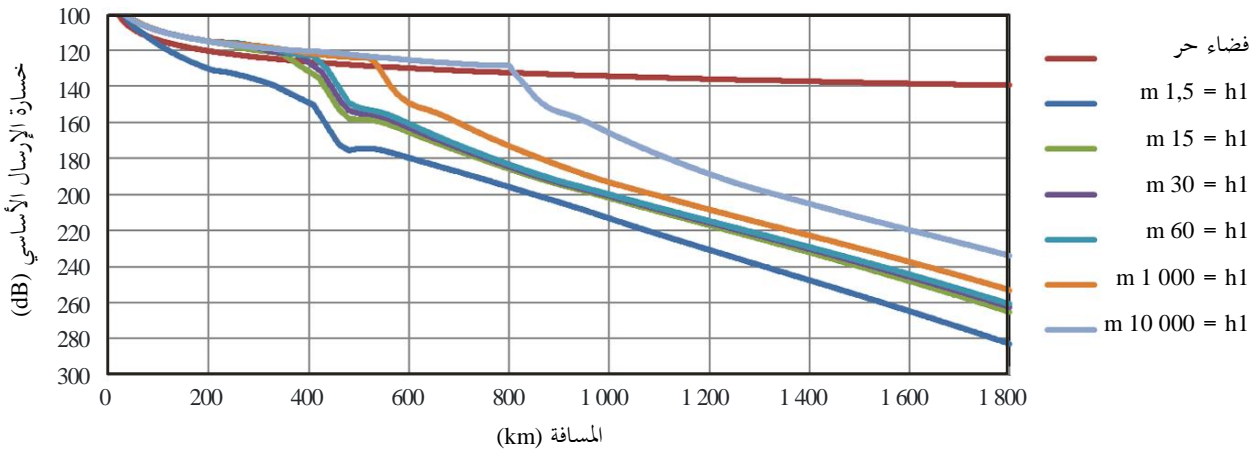


الشكل 2-1

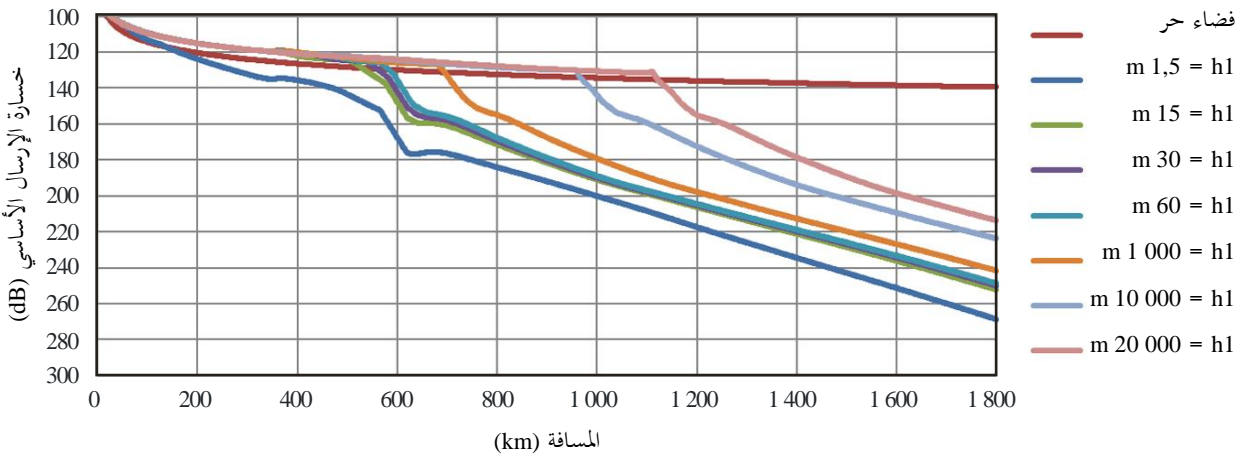
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 125 MHz من أجل 5% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1000 = h_2$



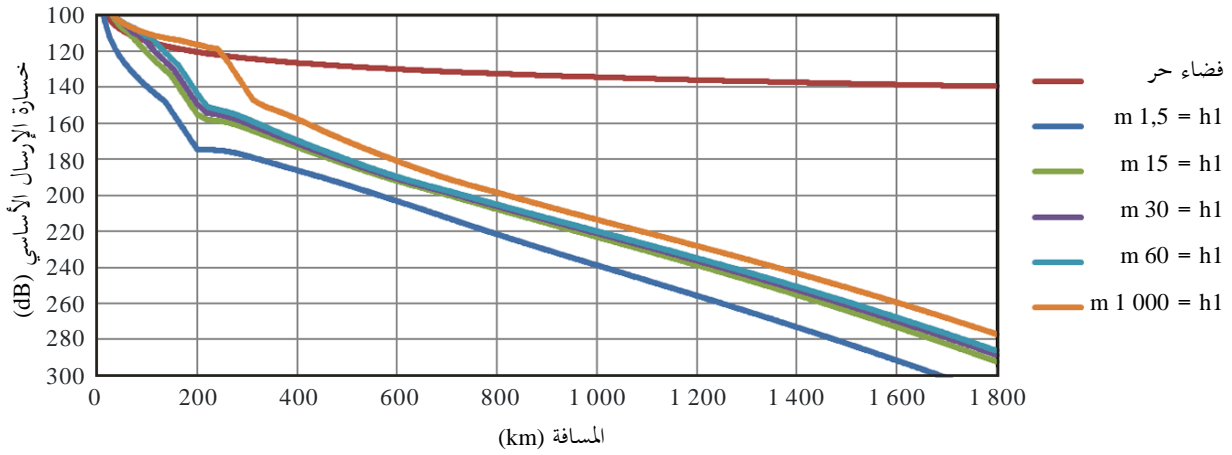
ب) $m 10000 = h_2$



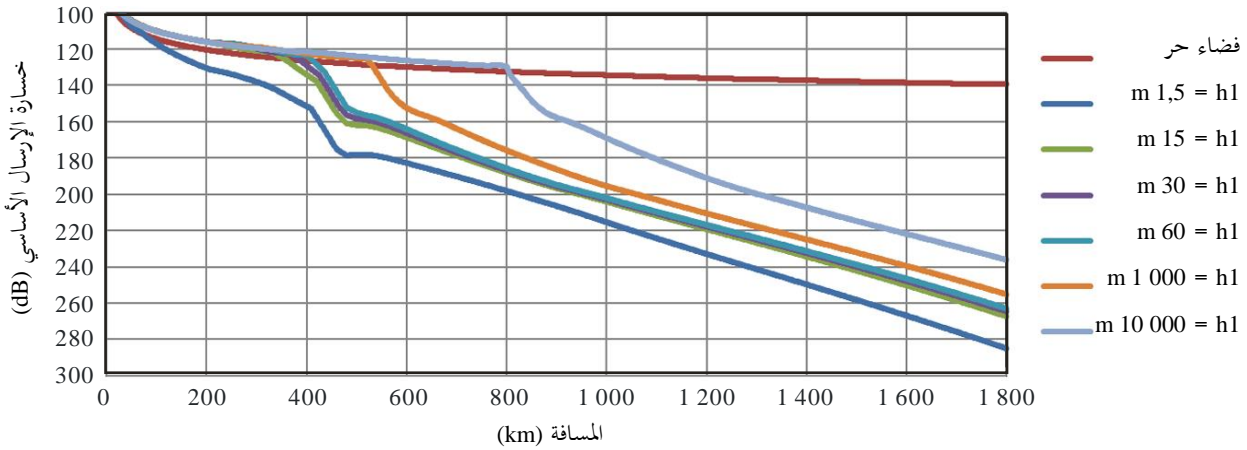
ج) $m 20000 = h_2$

الشكل 3-1

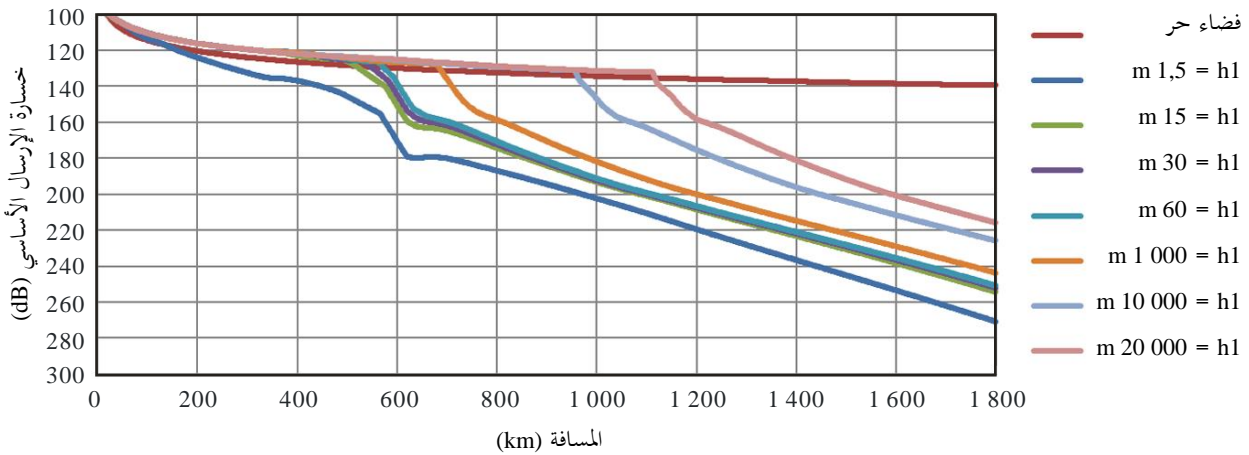
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 125 MHz من أجل 10% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1 000 = h_2$



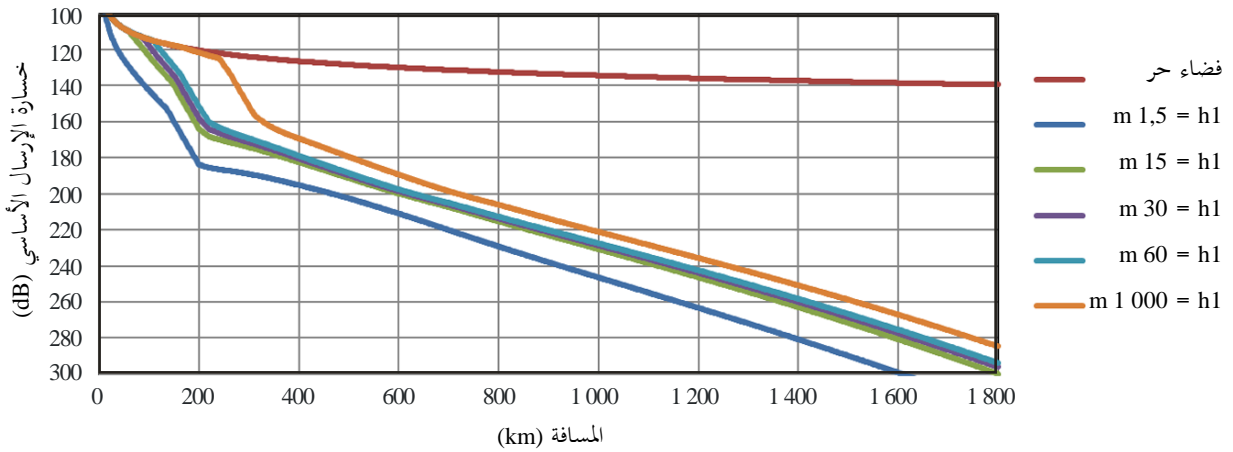
ب) $m 10 000 = h_2$



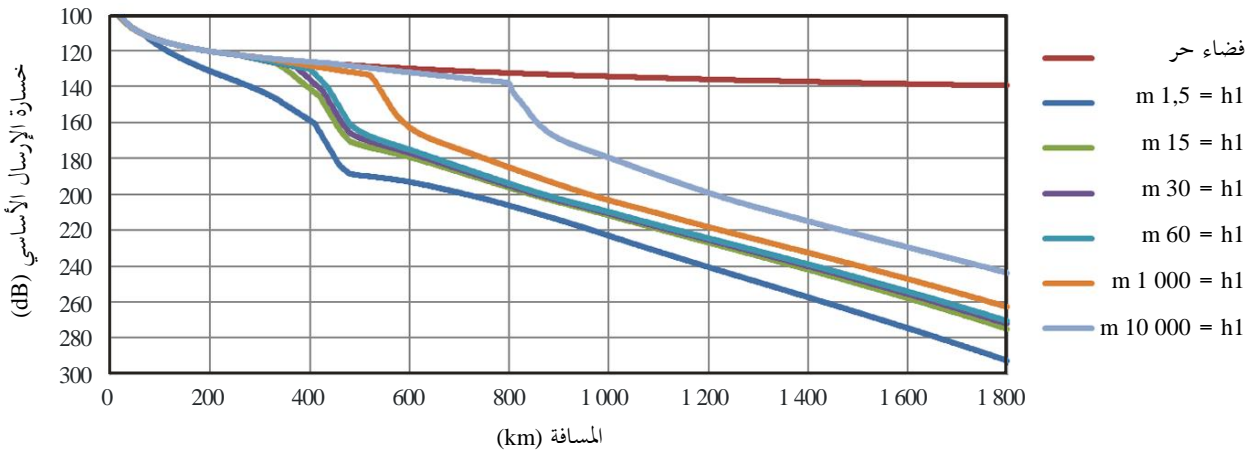
ج) $m 20 000 = h_2$

الشكل 4-1

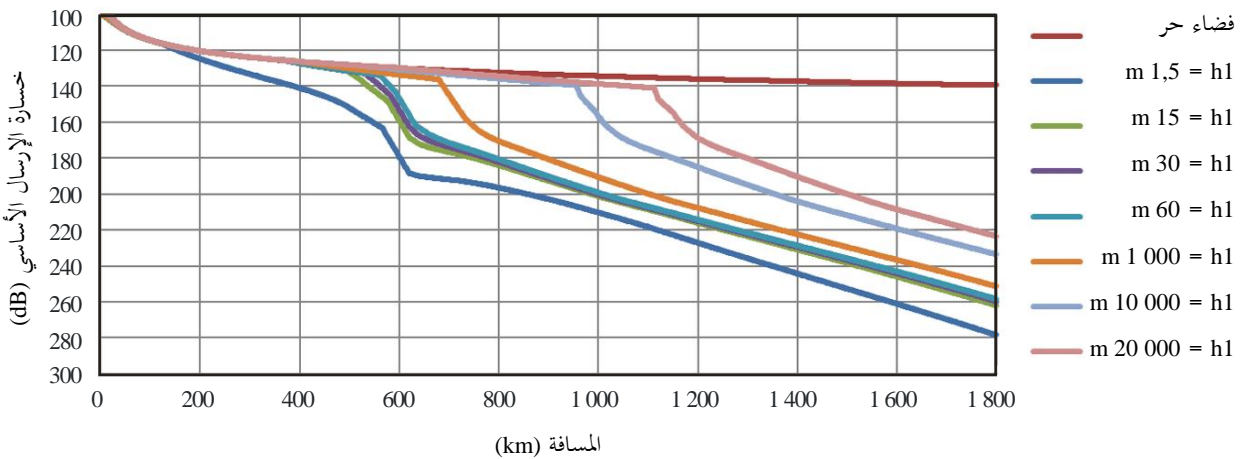
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 125 MHz من أجل 50% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1\ 000 = h_2$



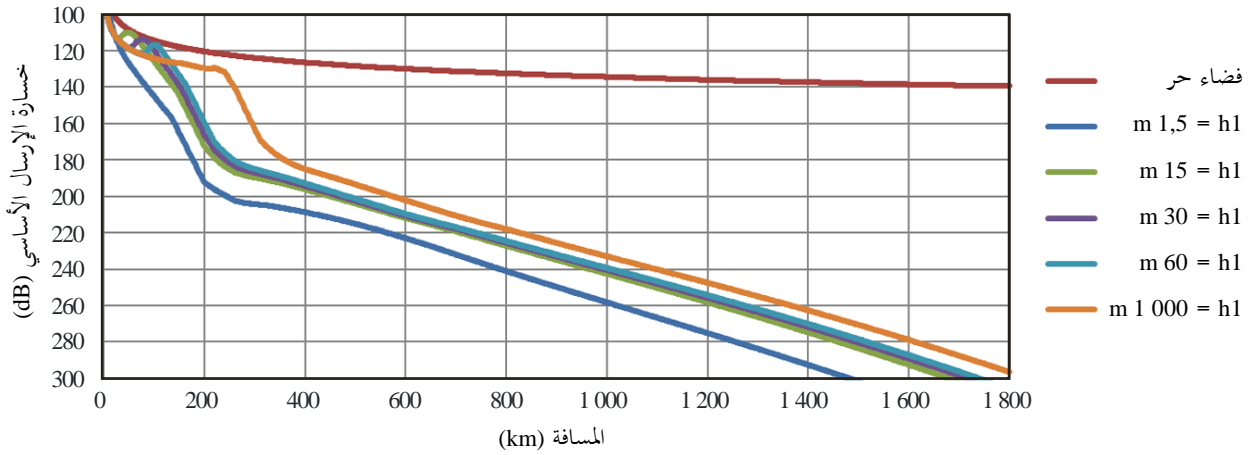
ب) $m 10\ 000 = h_2$



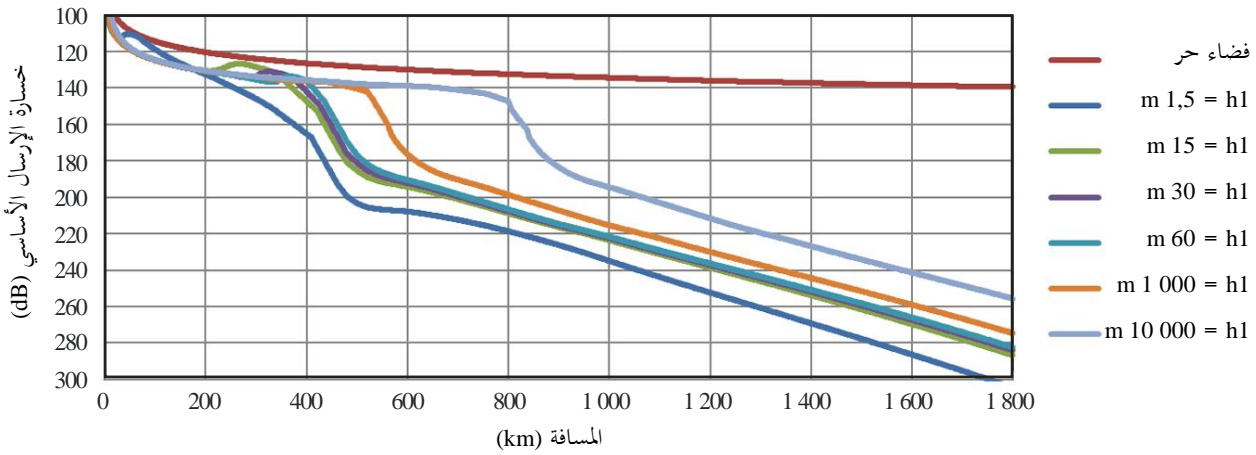
ج) $m 20\ 000 = h_2$

الشكل 5-1

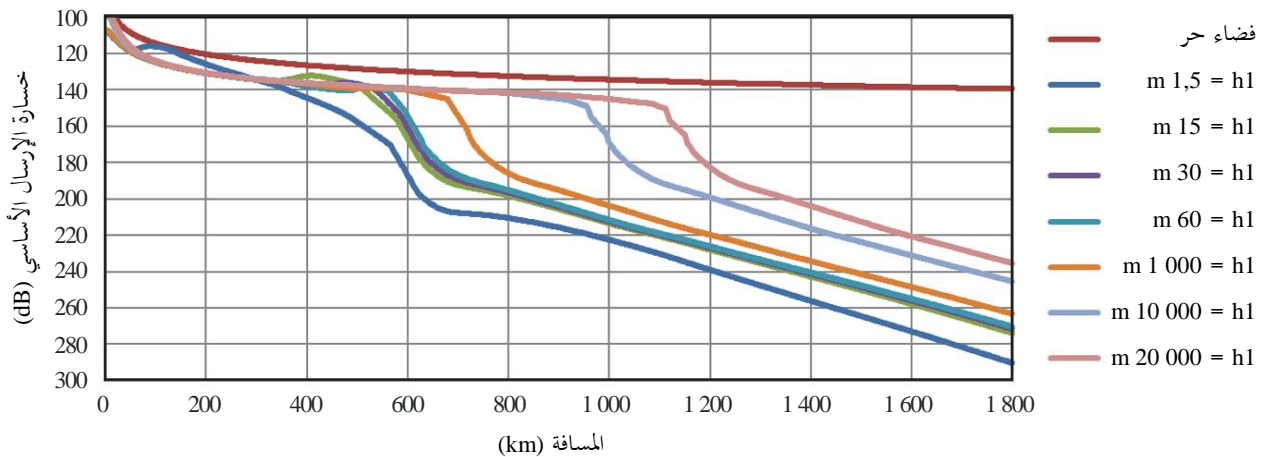
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 125 MHz من أجل 95% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1 000 = h_2$



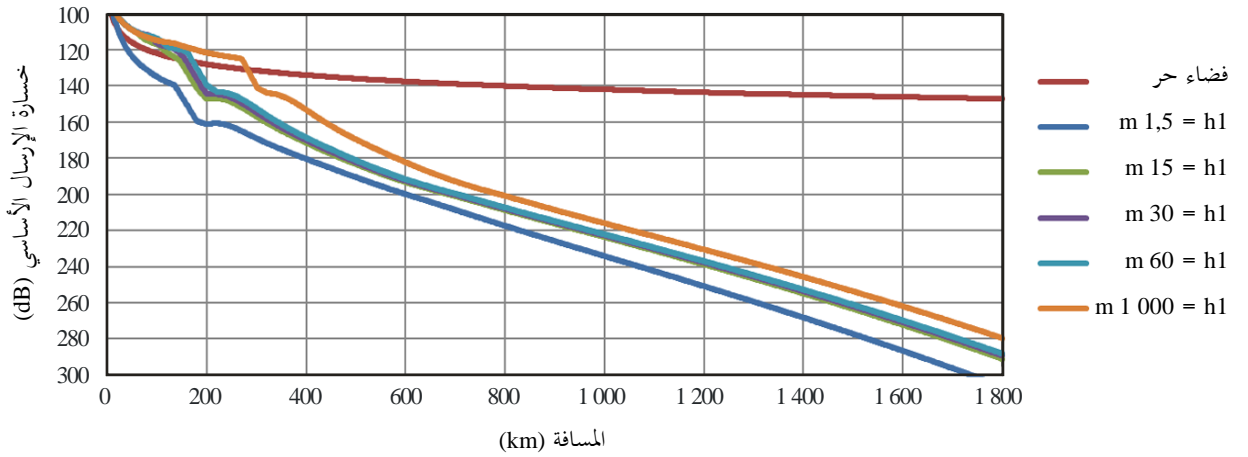
ب) $m 10 000 = h_2$



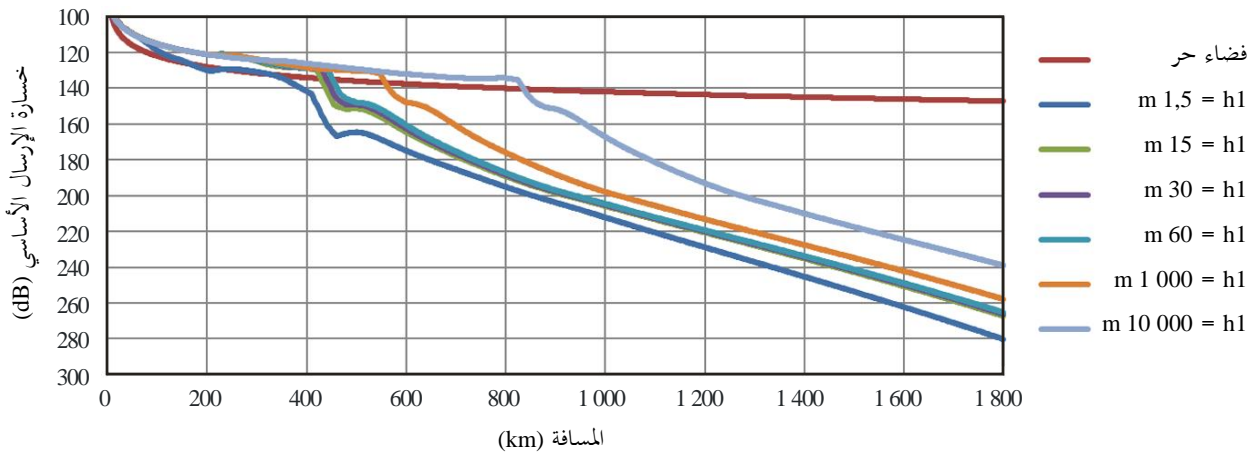
ج) $m 20 000 = h_2$

الشكل 1-2

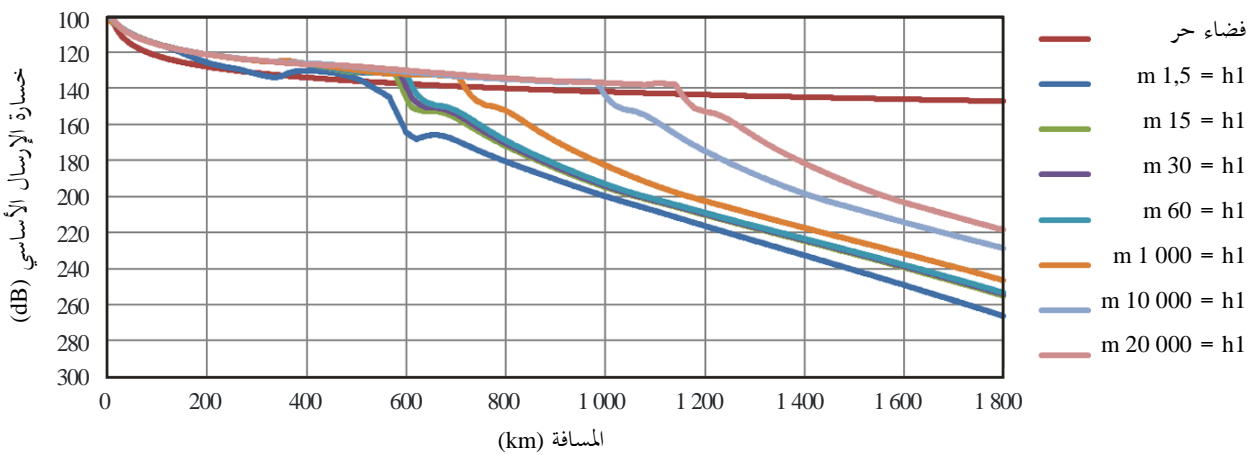
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 300 MHz من أجل 1% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1\ 000 = h_2$)



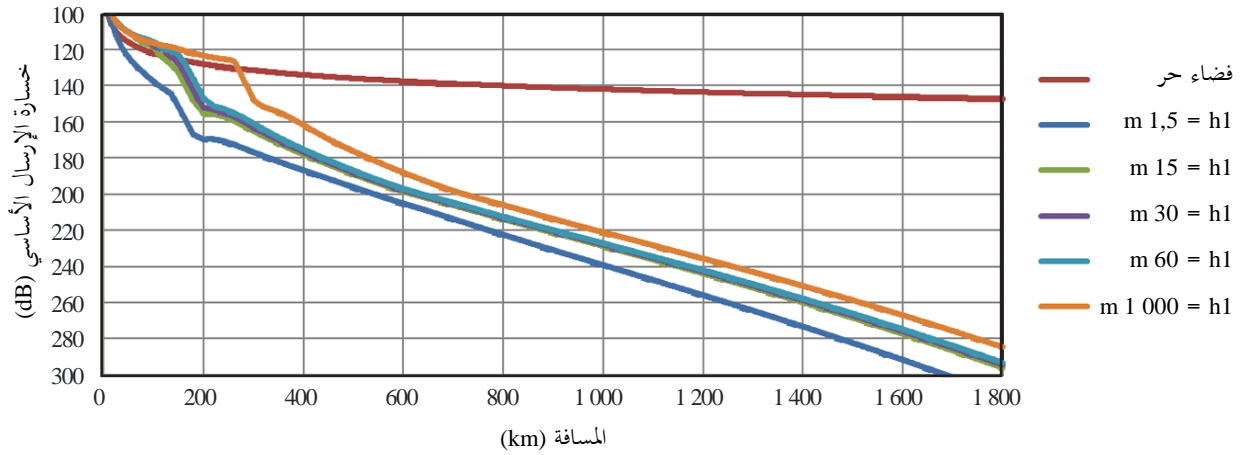
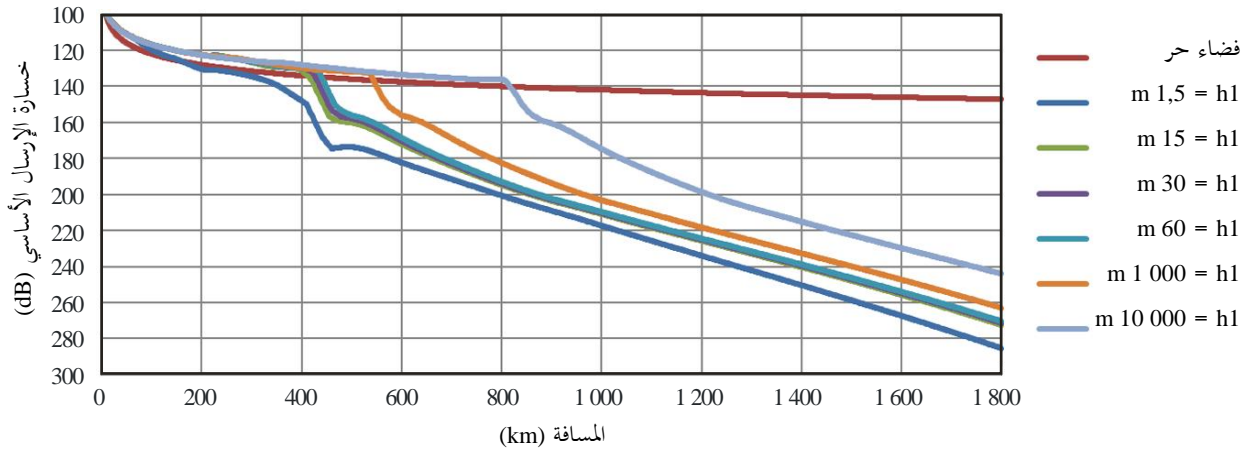
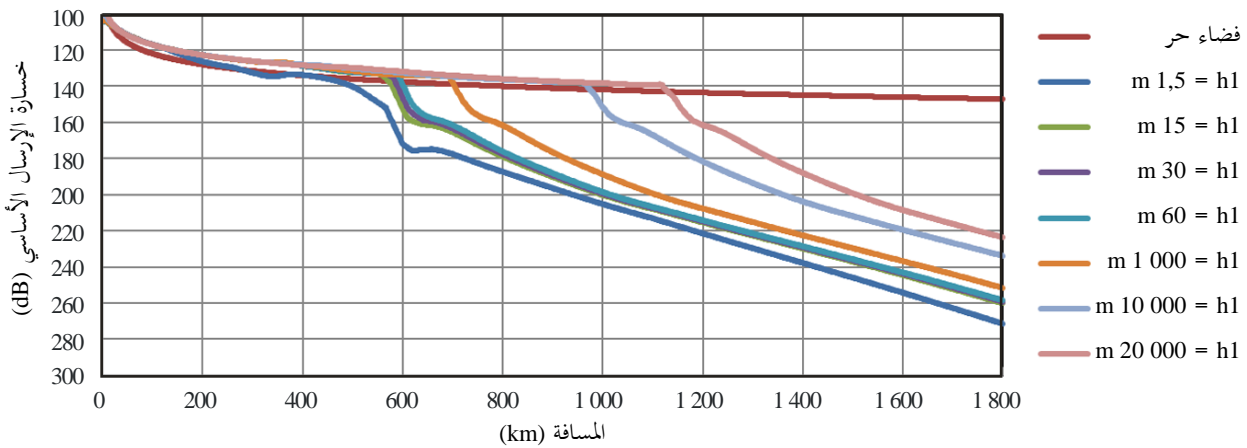
ب ($m 10\ 000 = h_2$)



ج ($m 20\ 000 = h_2$)

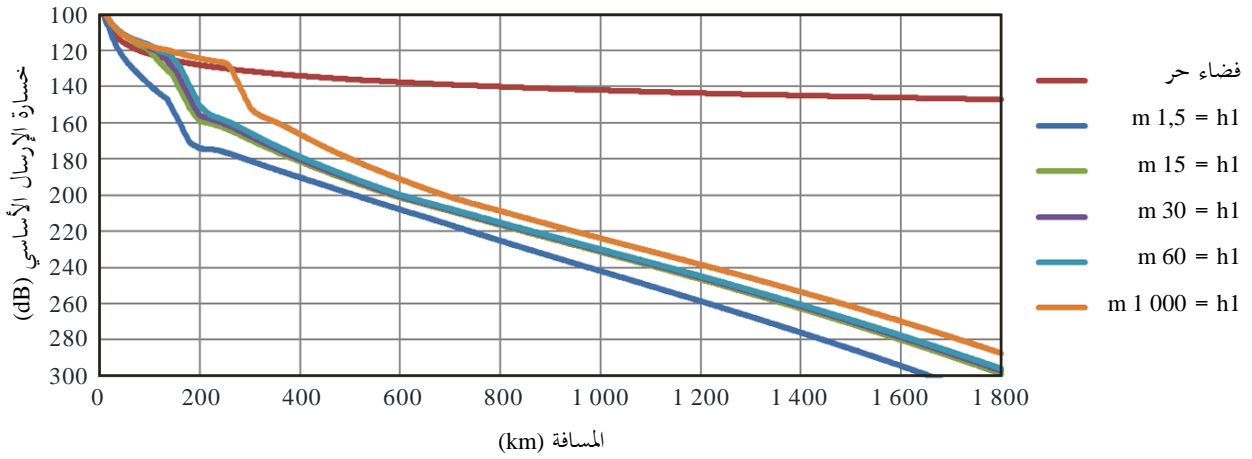
الشكل 2-2

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 300 MHz من أجل 5%
من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

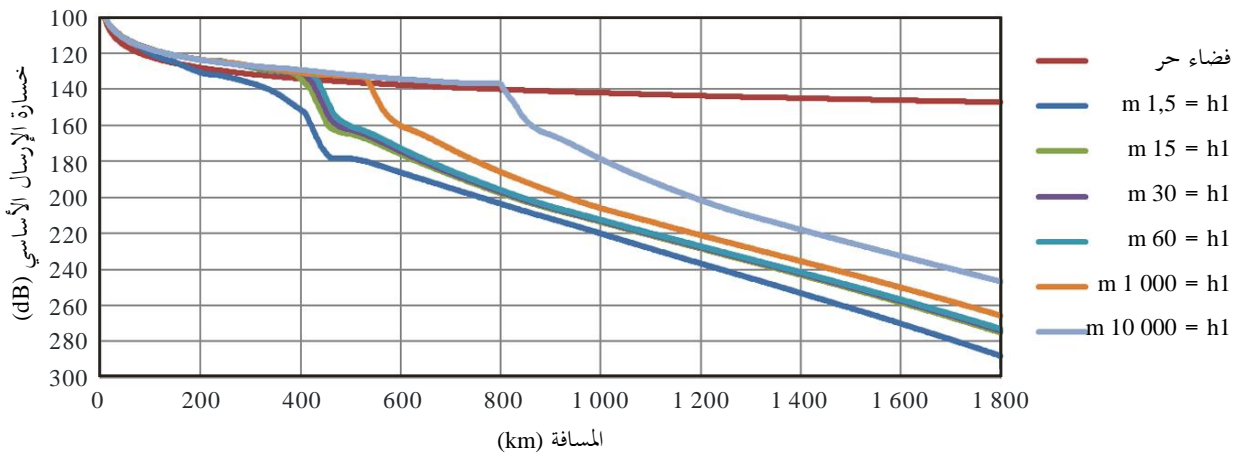
أ) $m 1\ 000 = h_2$ ب) $m 10\ 000 = h_2$ ج) $m 20\ 000 = h_2$

الشكل 3-2

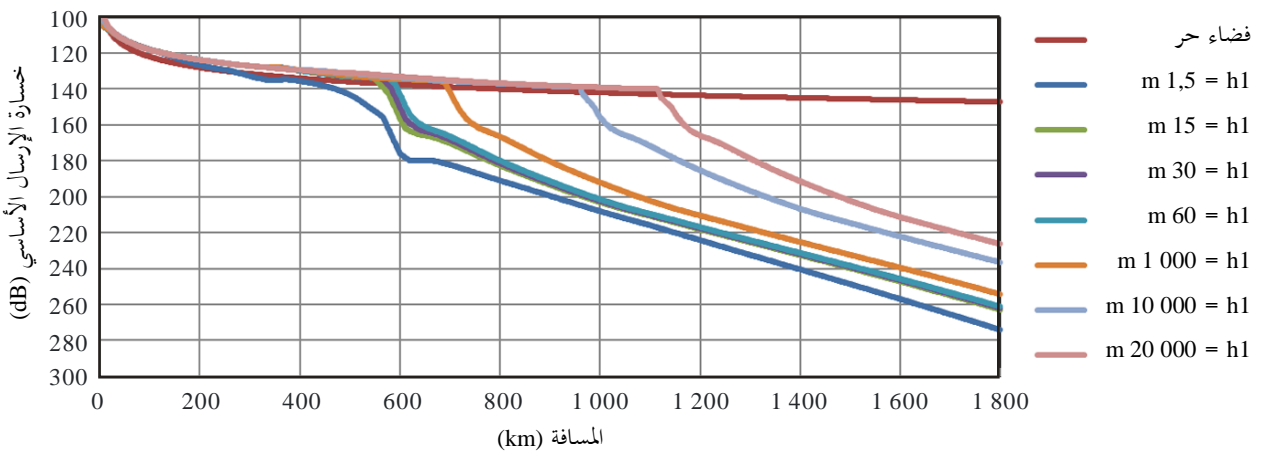
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 300 MHz من أجل 10% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1 000 = h_2$)



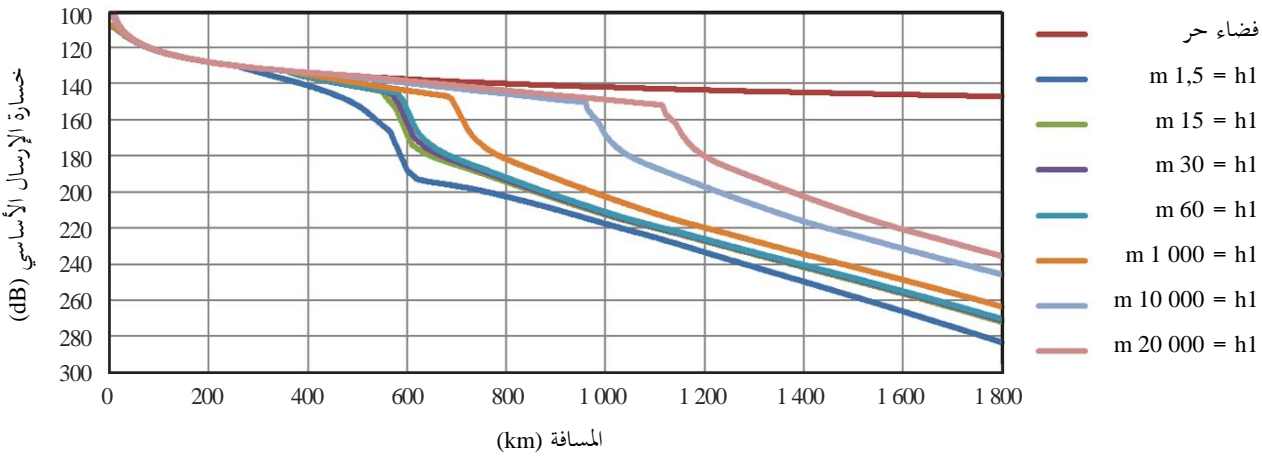
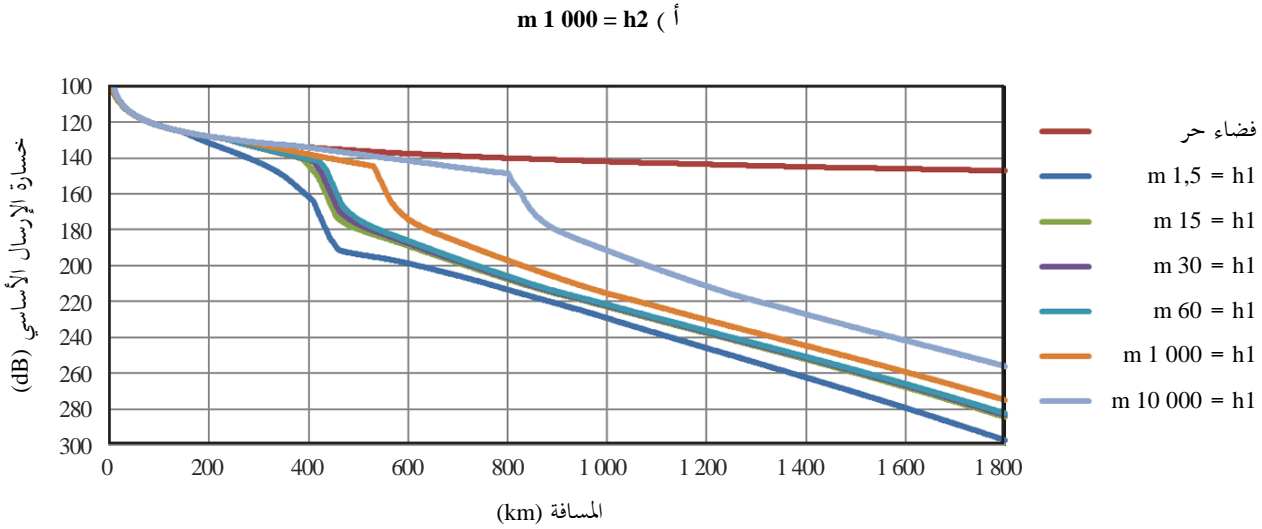
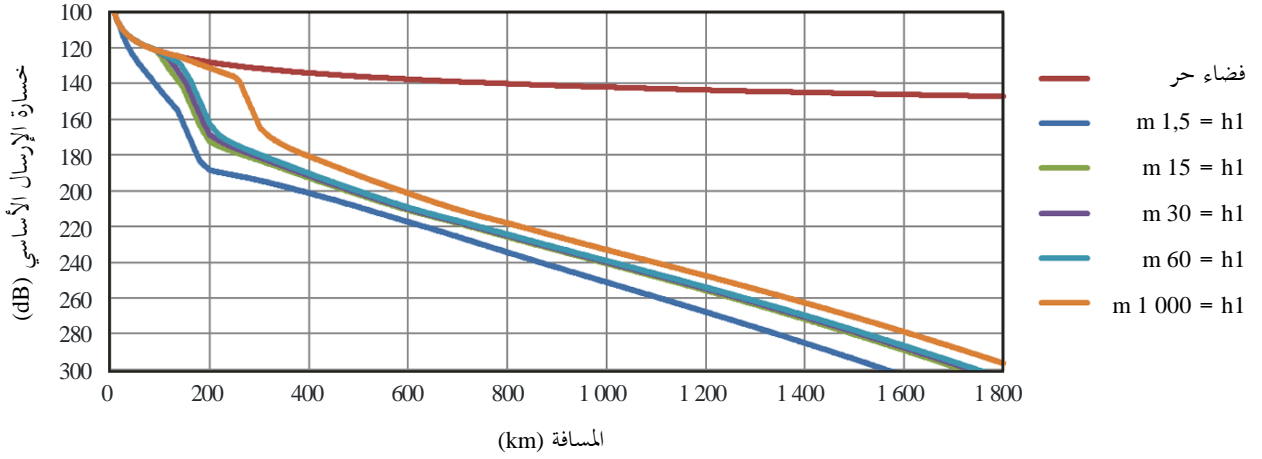
ب ($m 10 000 = h_2$)



ج ($m 20 000 = h_2$)

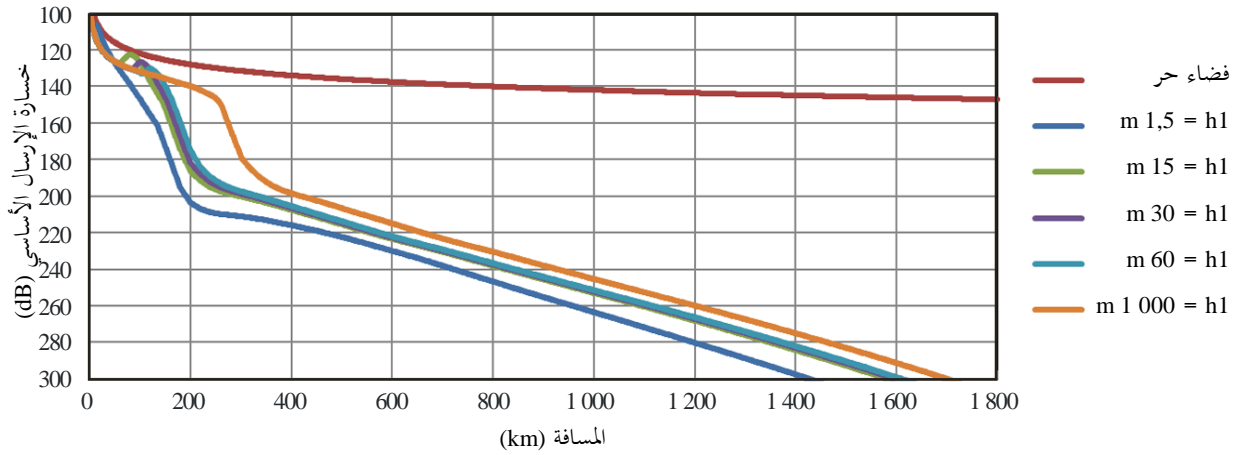
الشكل 4-2

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 300 MHz من أجل 50% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

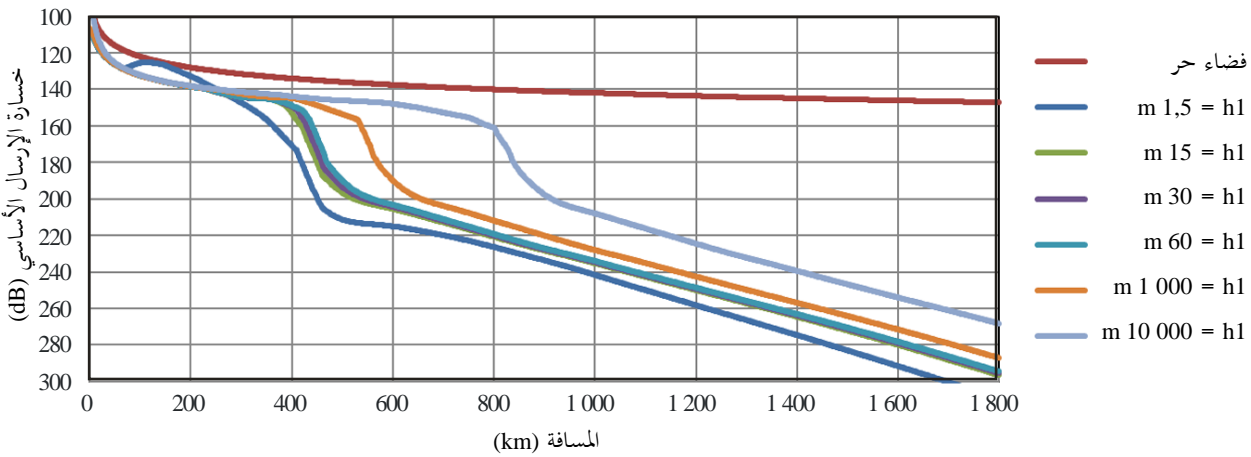


الشكل 5-2

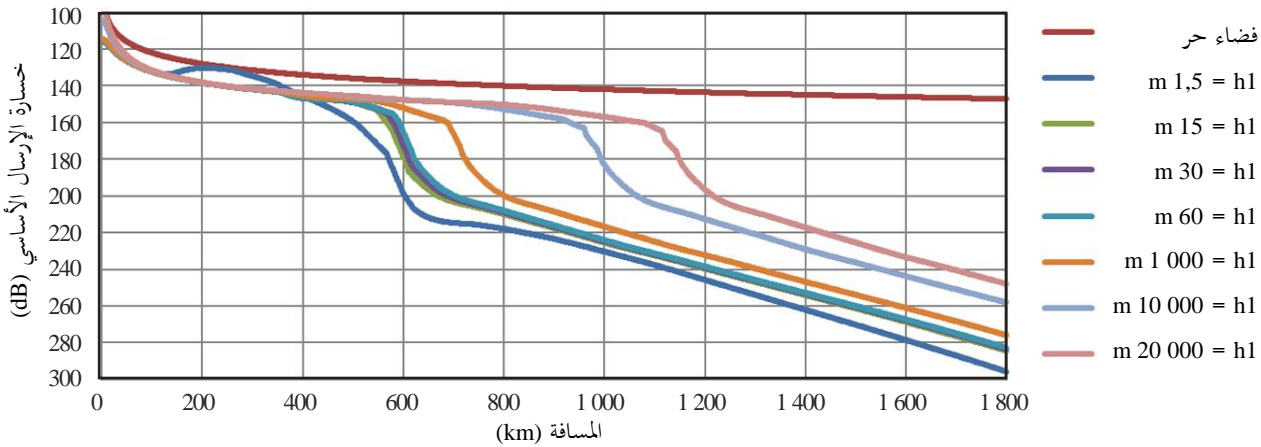
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 300 MHz من أجل 95% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1 000 = h_2$



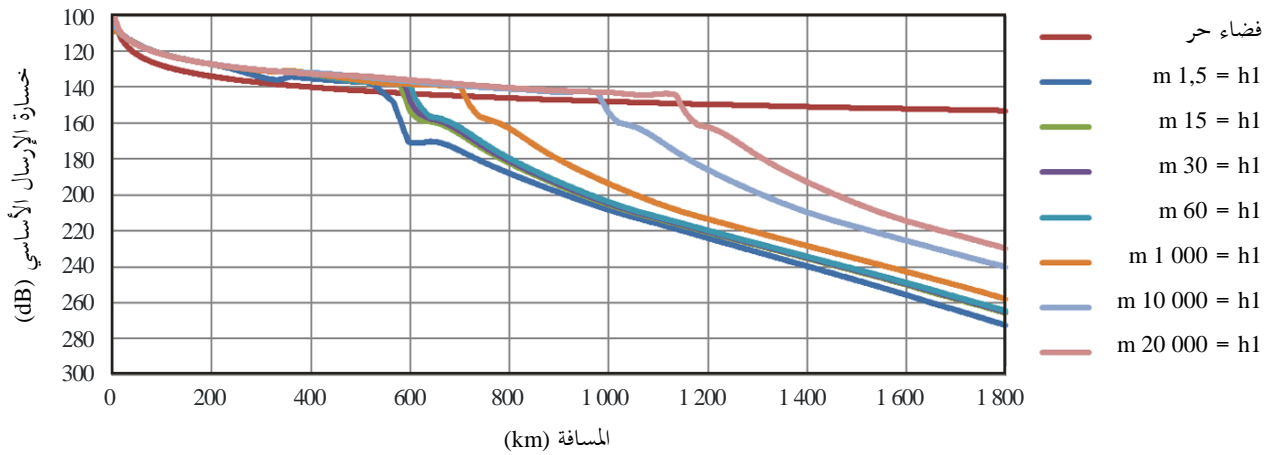
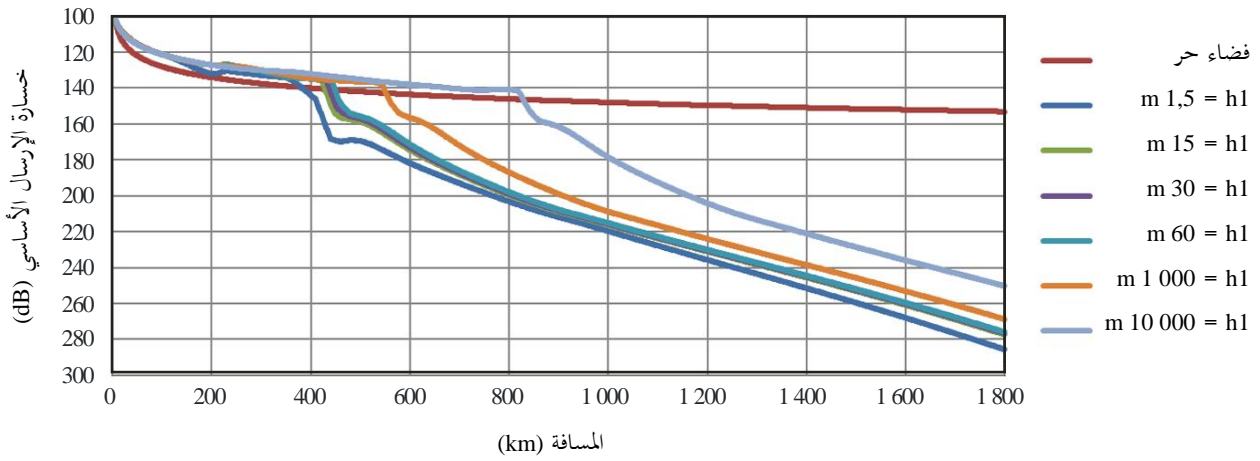
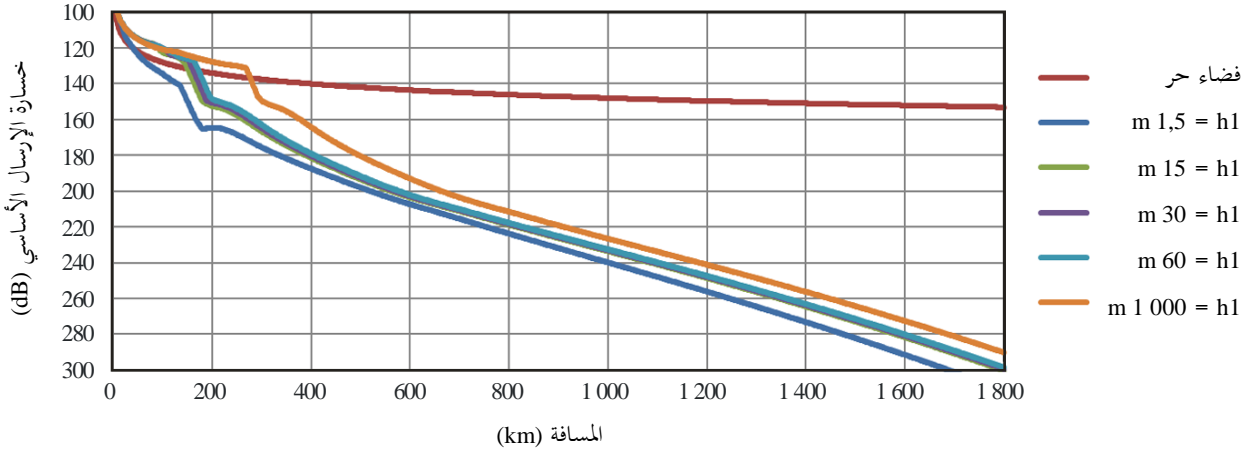
ب) $m 10 000 = h_2$



ج) $m 20 000 = h_2$

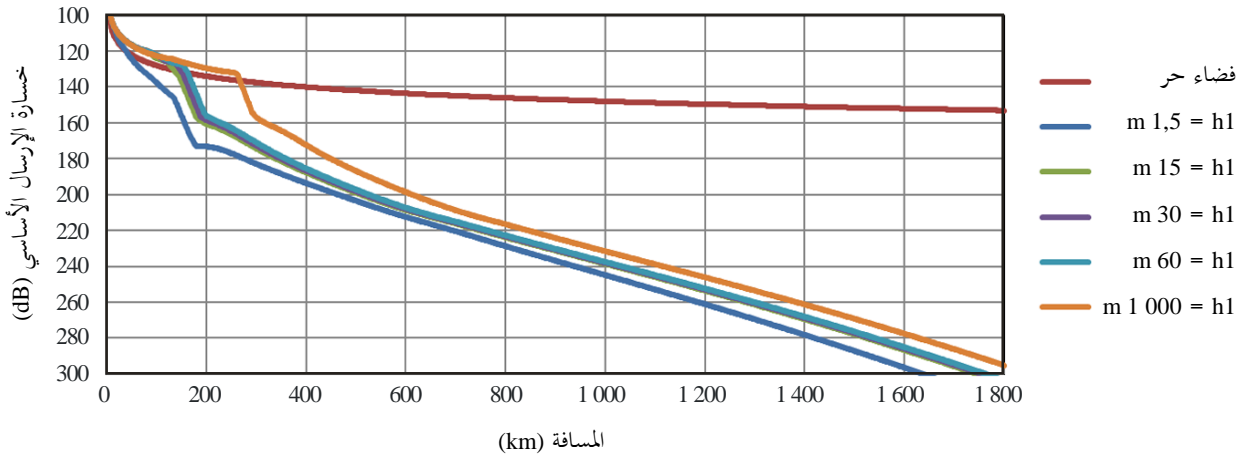
الشكل 1-3

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 600 MHz من أجل 1% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

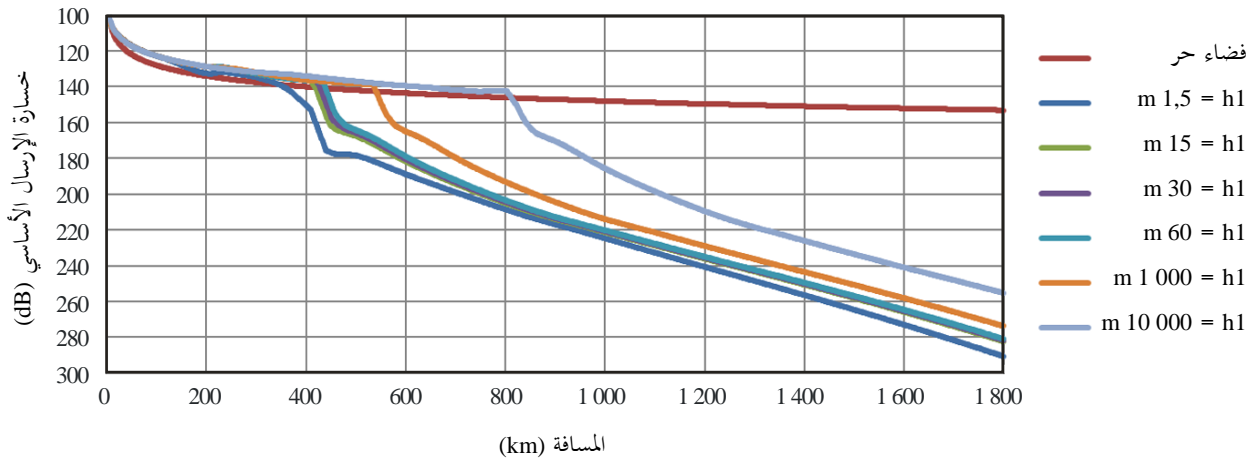


الشكل 2-3

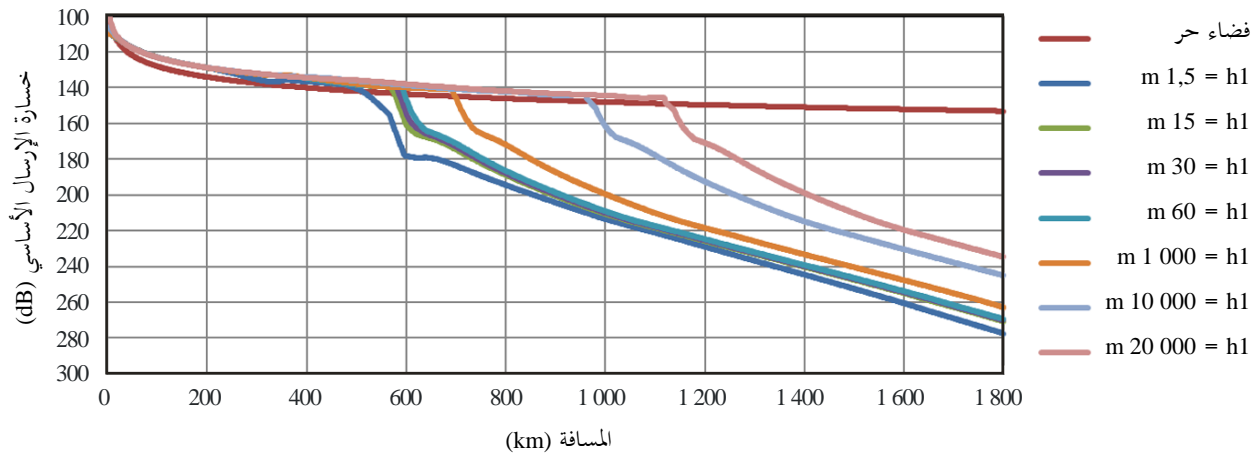
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 600 MHz من أجل 5% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1\ 000 = h_2$



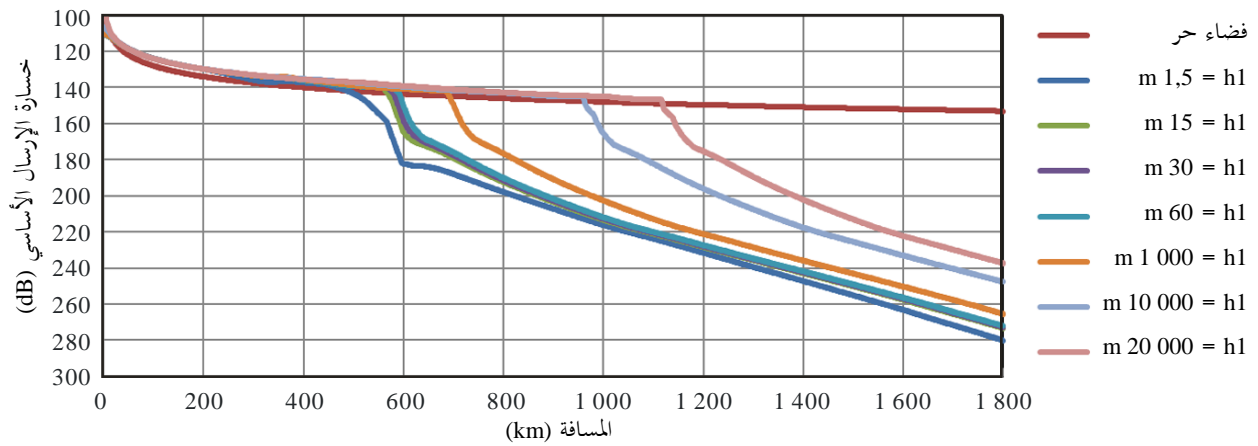
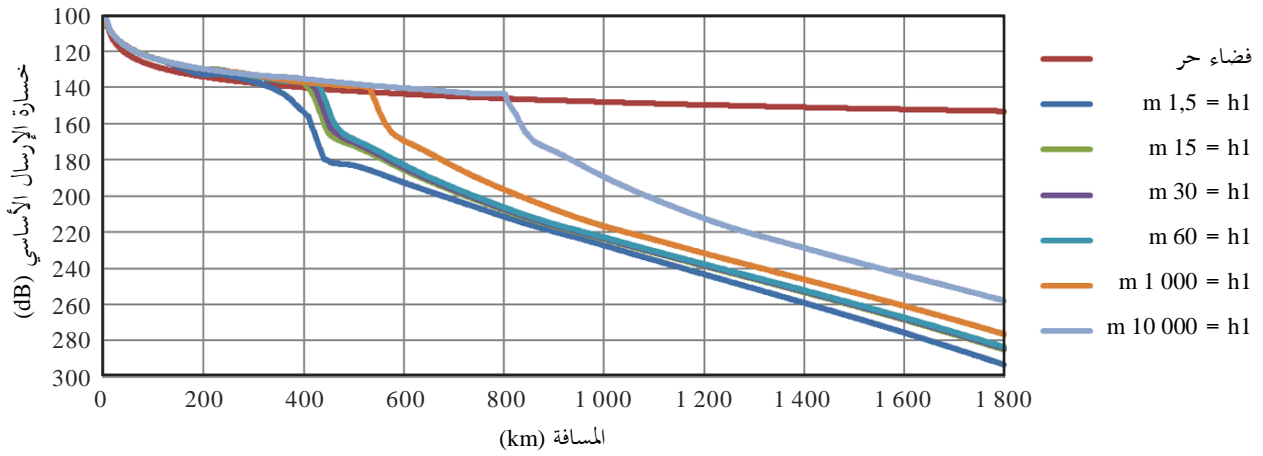
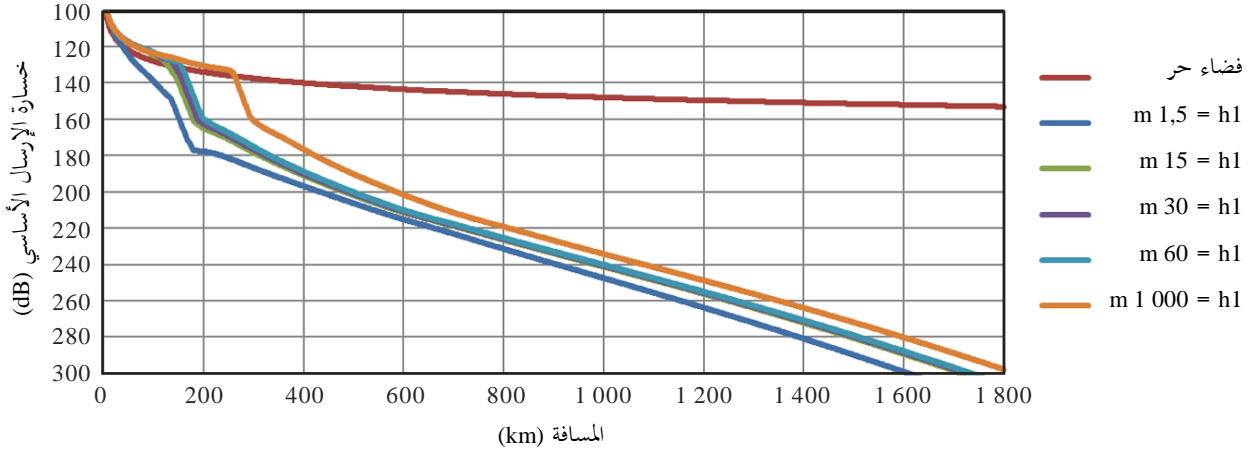
ب) $m 10\ 000 = h_2$



ج) $m 20\ 000 = h_2$

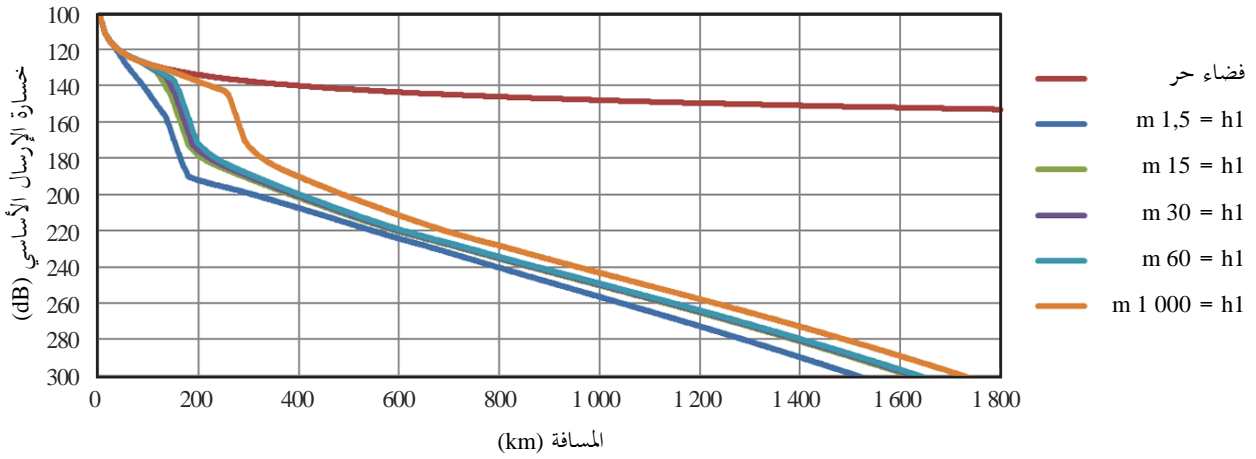
الشكل 3-3

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 600 MHz من أجل 10% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

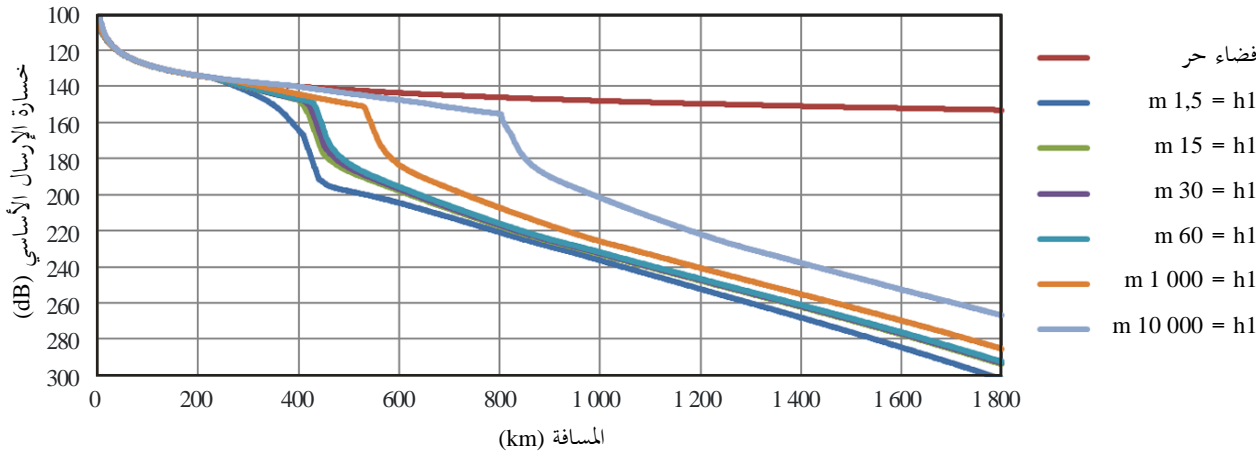


الشكل 4-3

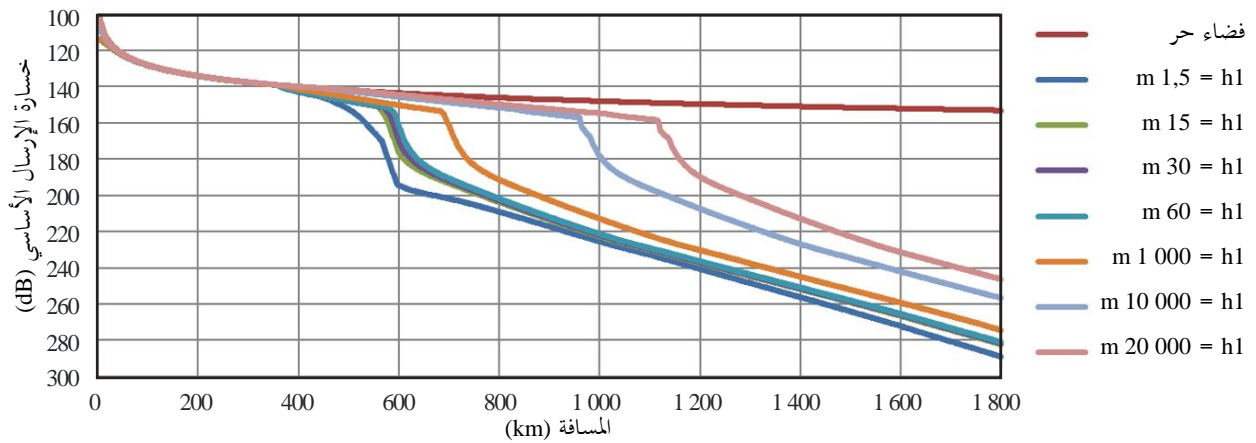
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 600 MHz من أجل 50% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1\ 000 = h_2$)



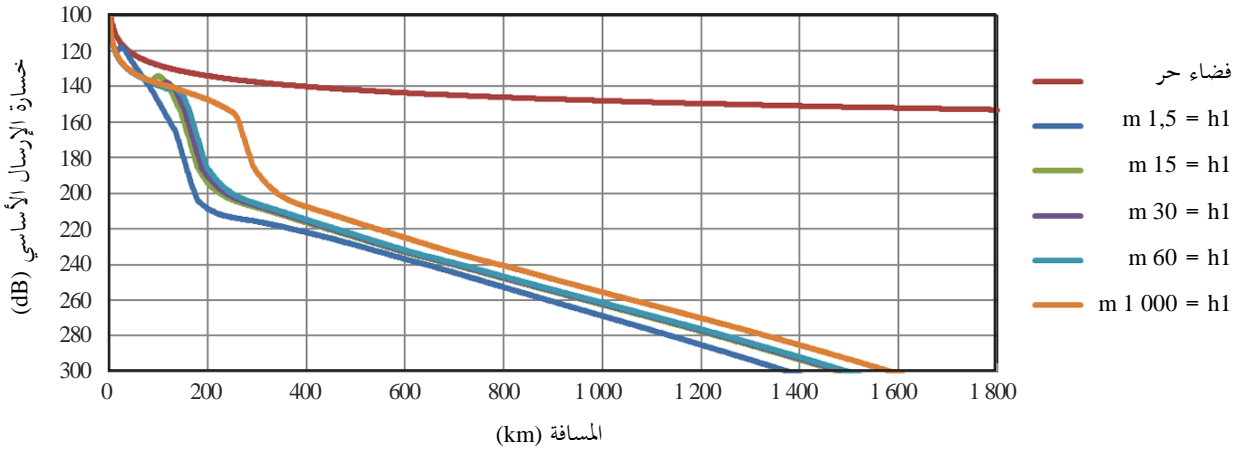
ب ($m 10\ 000 = h_2$)



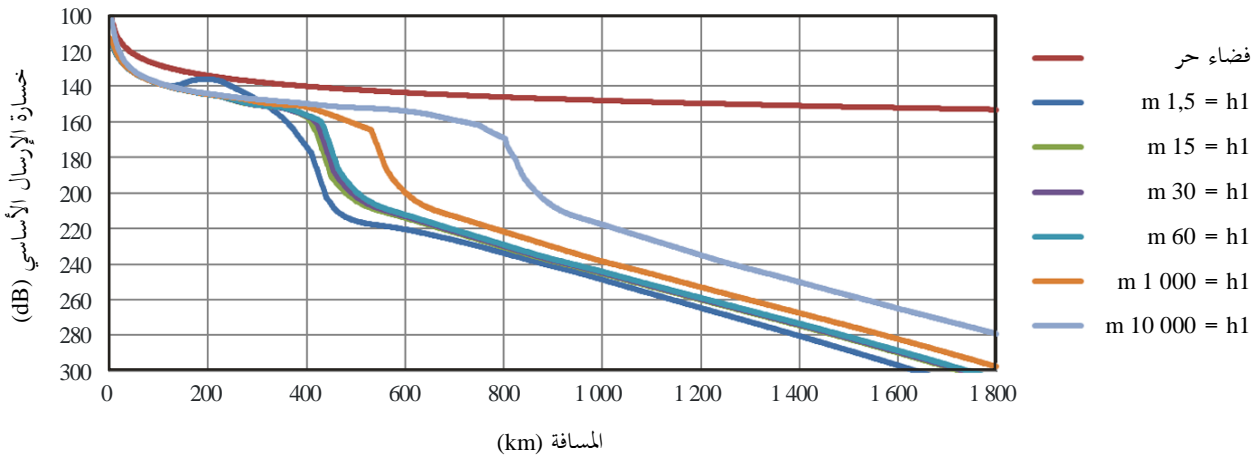
ج ($m 20\ 000 = h_2$)

الشكل 5-3

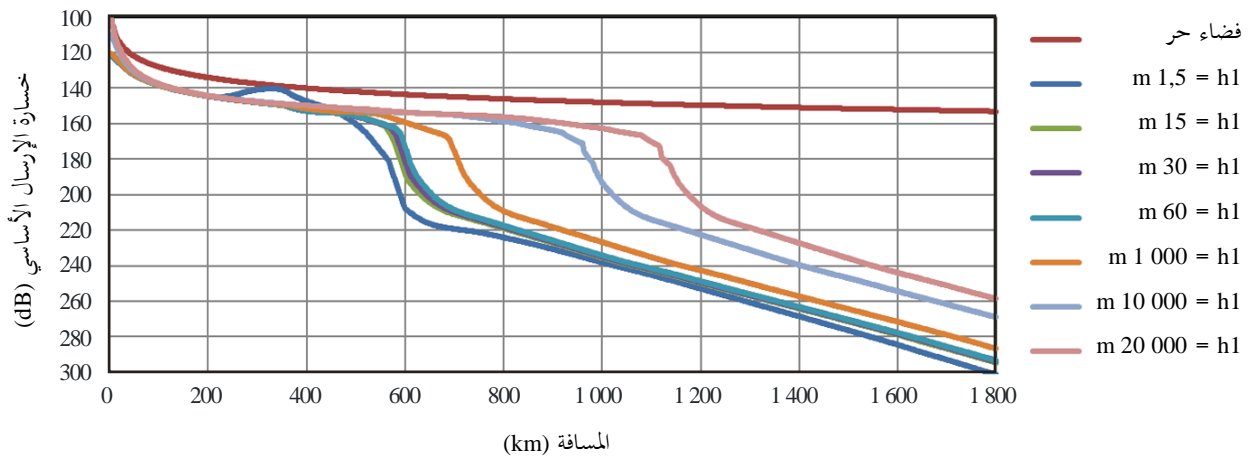
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 600 MHz من أجل 95% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1\ 000 = h_2$



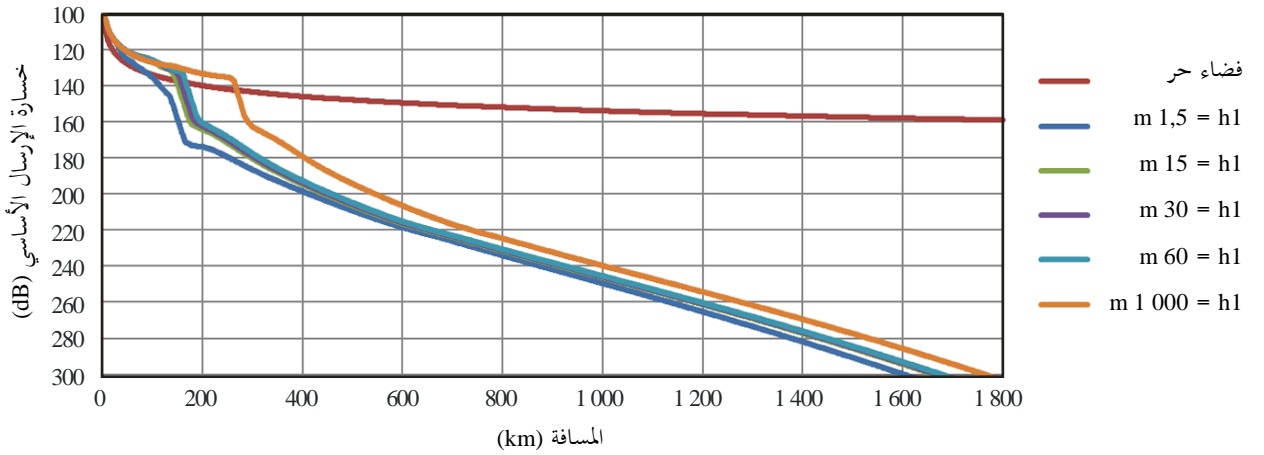
ب) $m 10\ 000 = h_2$



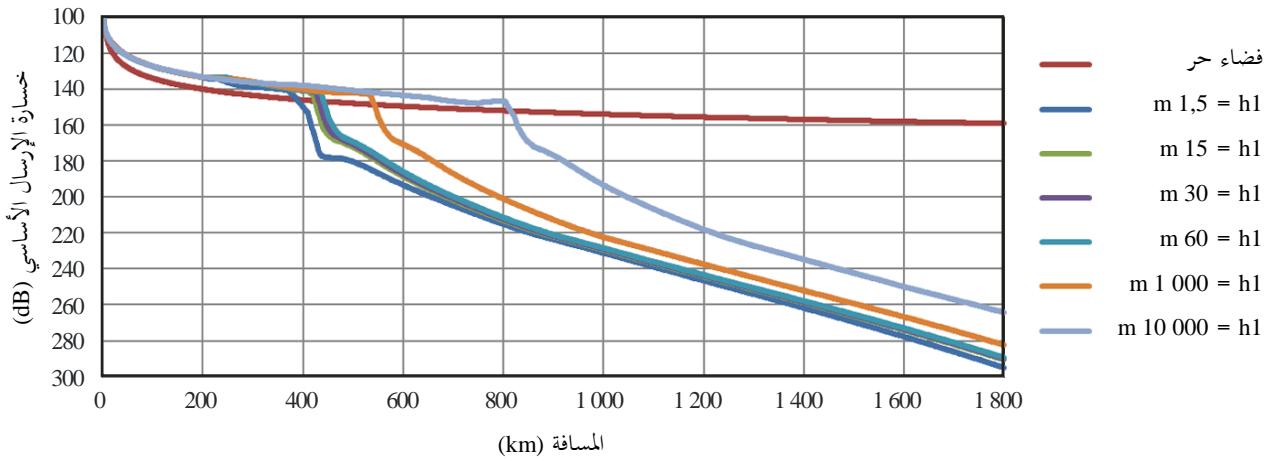
ج) $m 20\ 000 = h_2$

الشكل 1-4

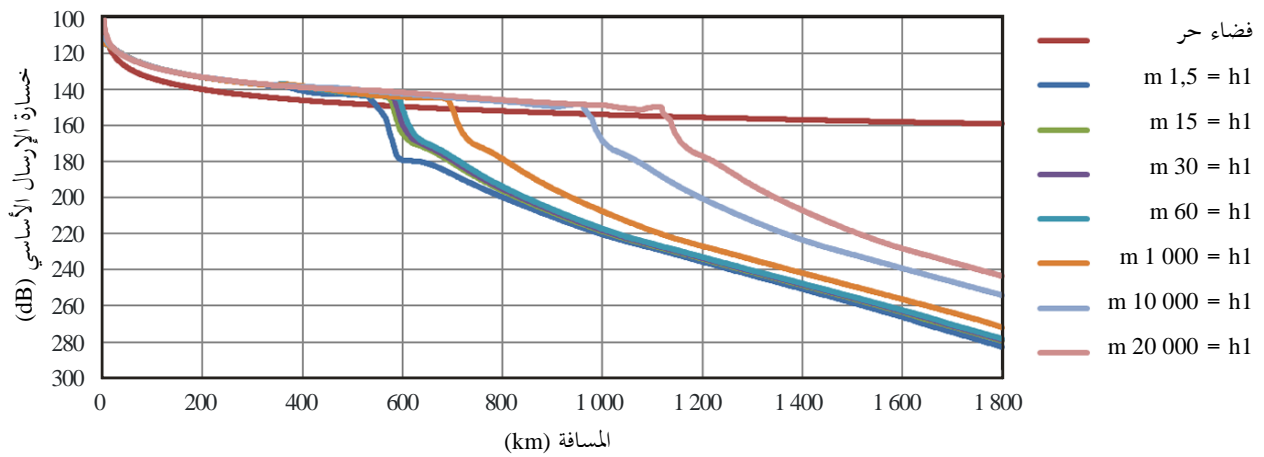
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 1 200 MHz من أجل 1% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1\ 000 = h_2$



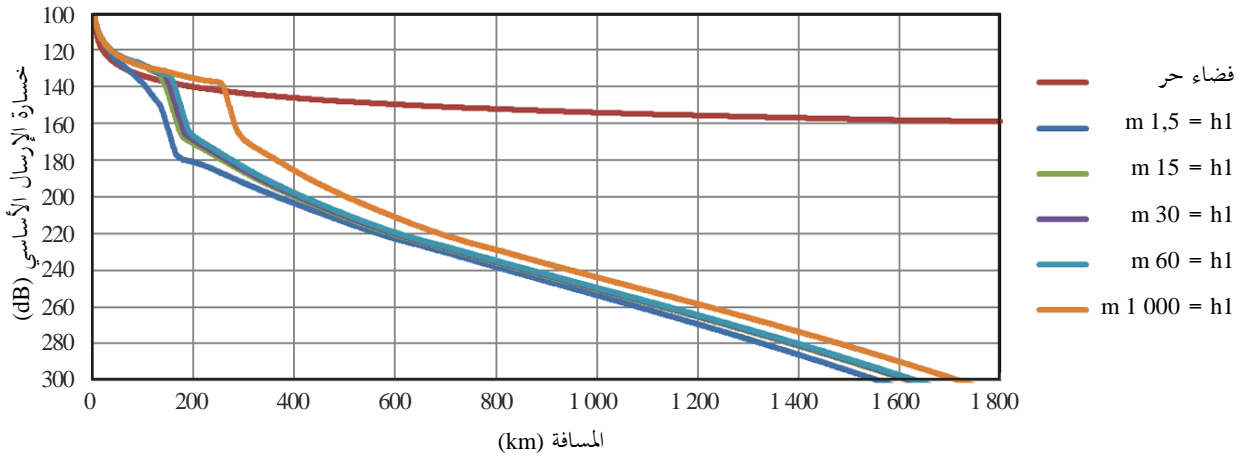
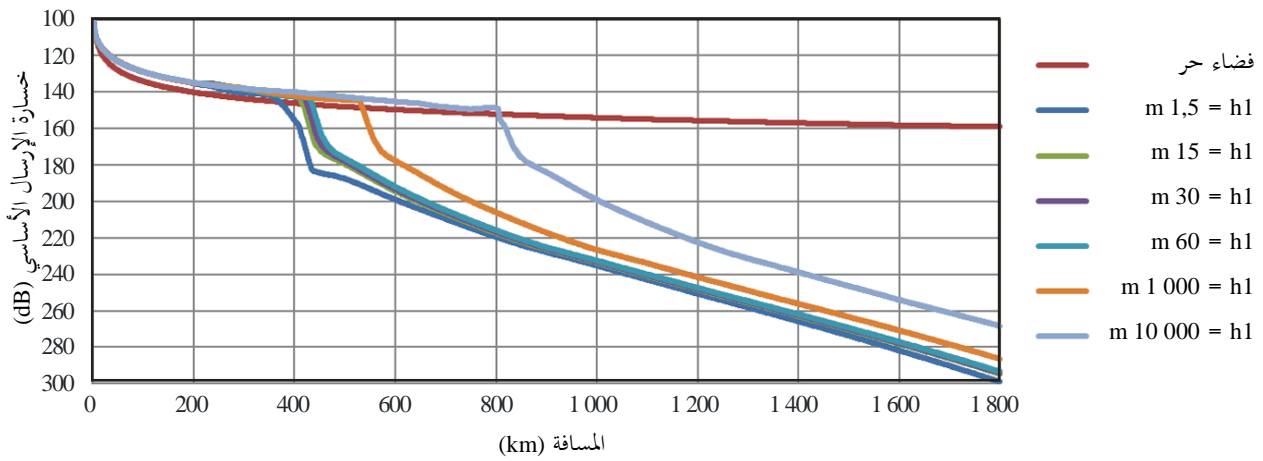
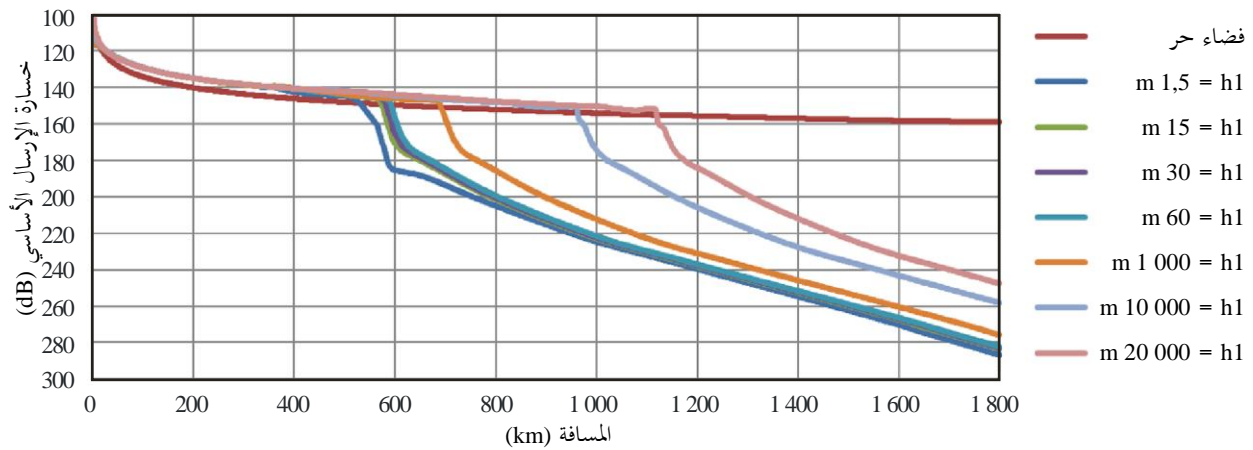
ب) $m 10\ 000 = h_2$



ج) $m 20\ 000 = h_2$

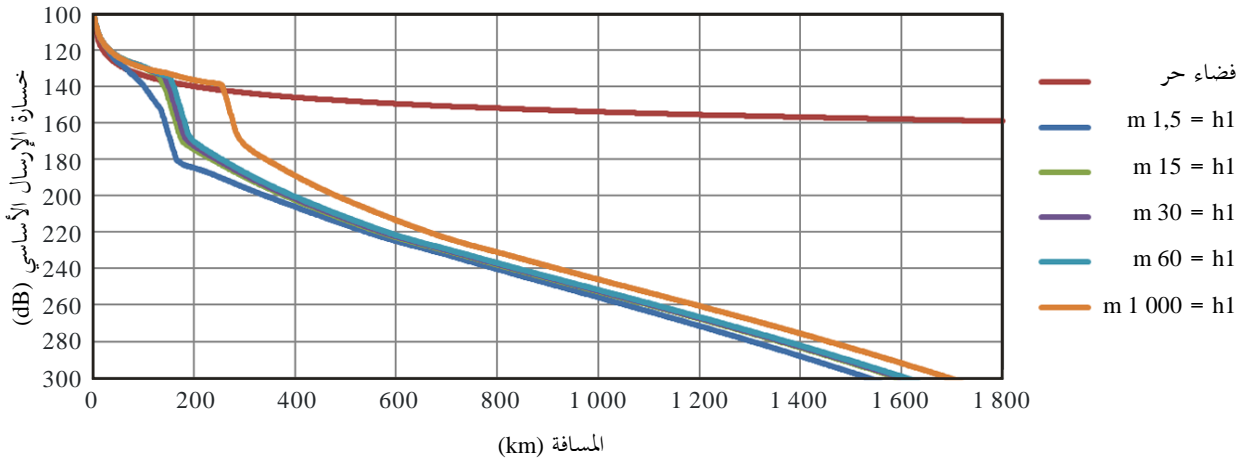
الشكل 2-4

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 1 200 MHz من أجل 5%
من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

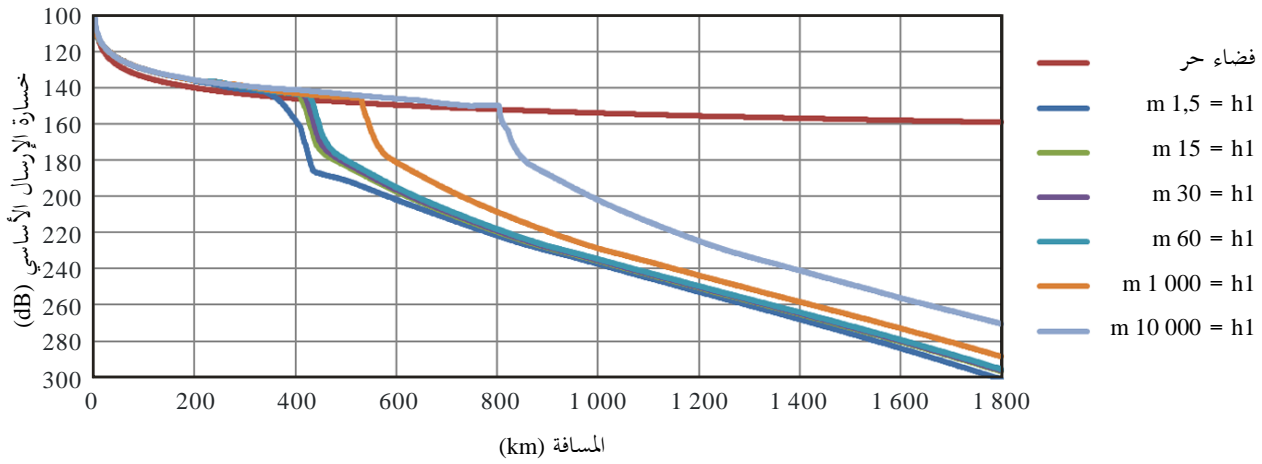
أ ($m 1\ 000 = h_2$)ب ($m 10\ 000 = h_2$)ج ($m 20\ 000 = h_2$)

الشكل 3-4

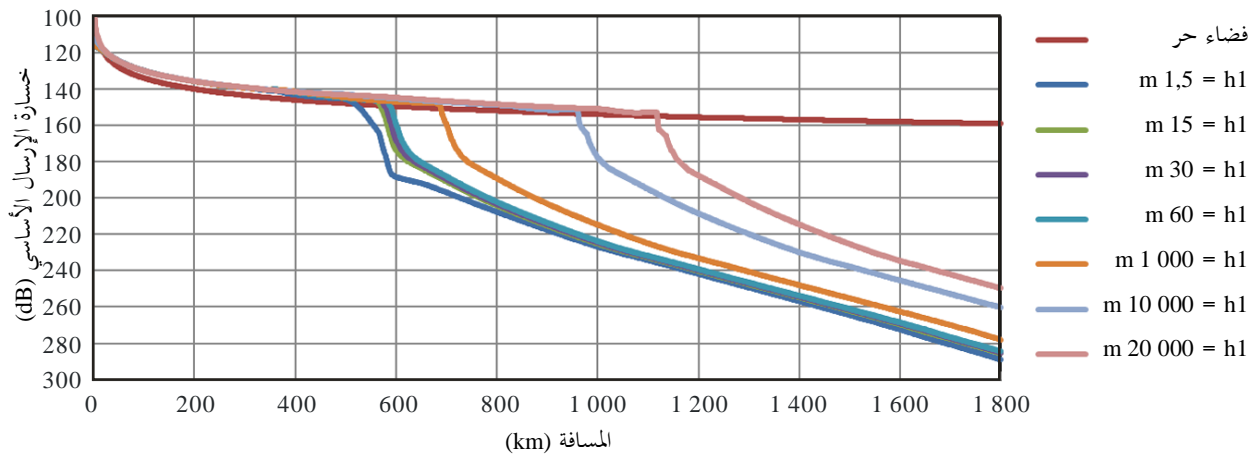
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 1 200 MHz من أجل 10% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h1



أ) $m 1\ 000 = h2$



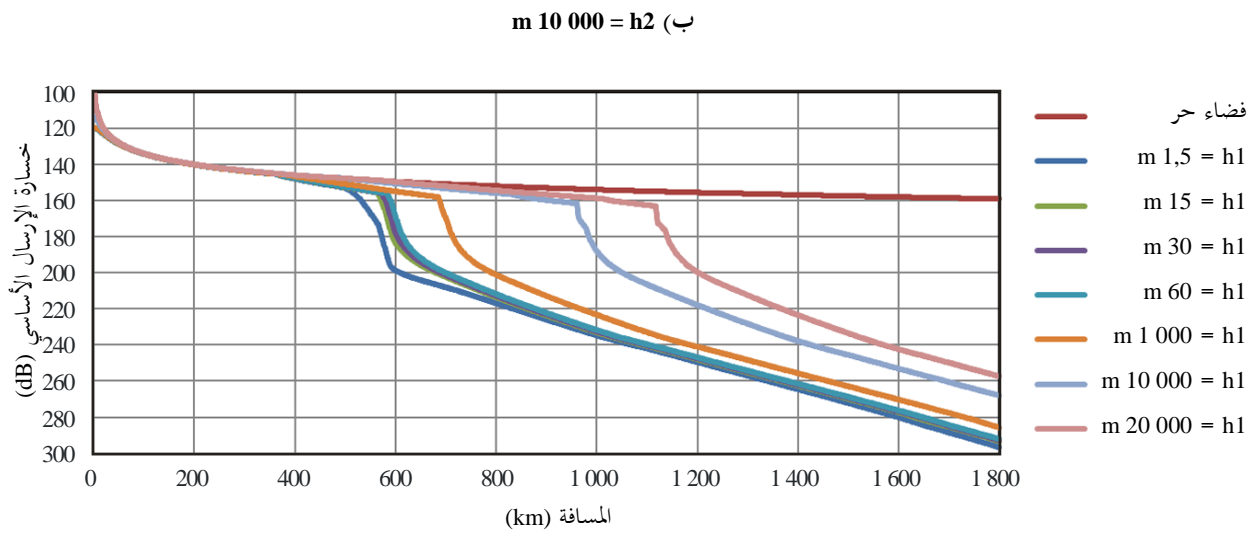
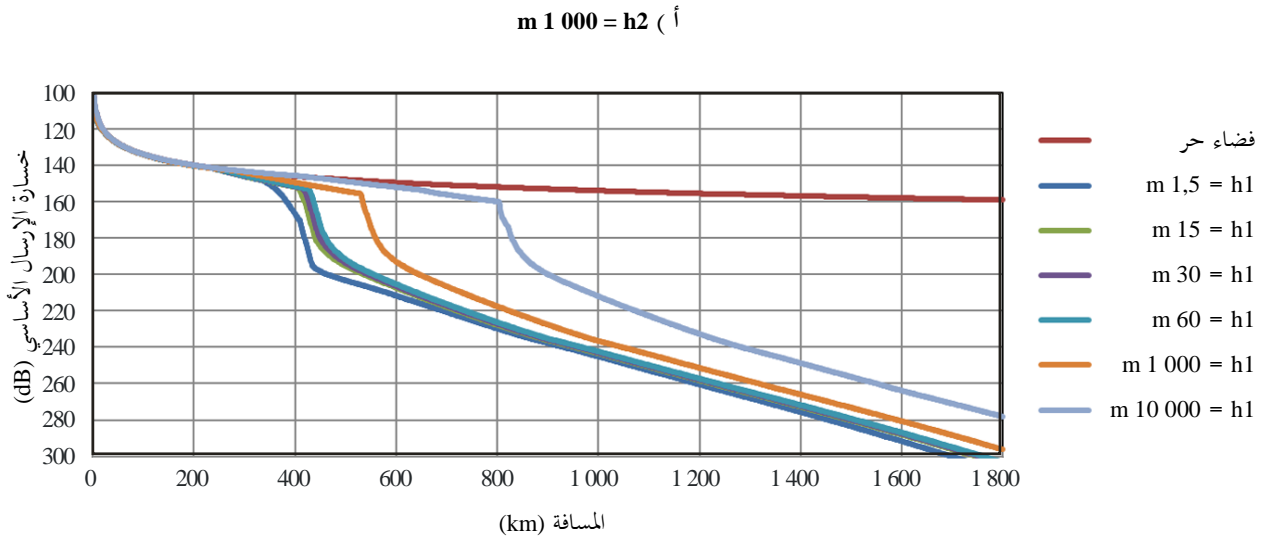
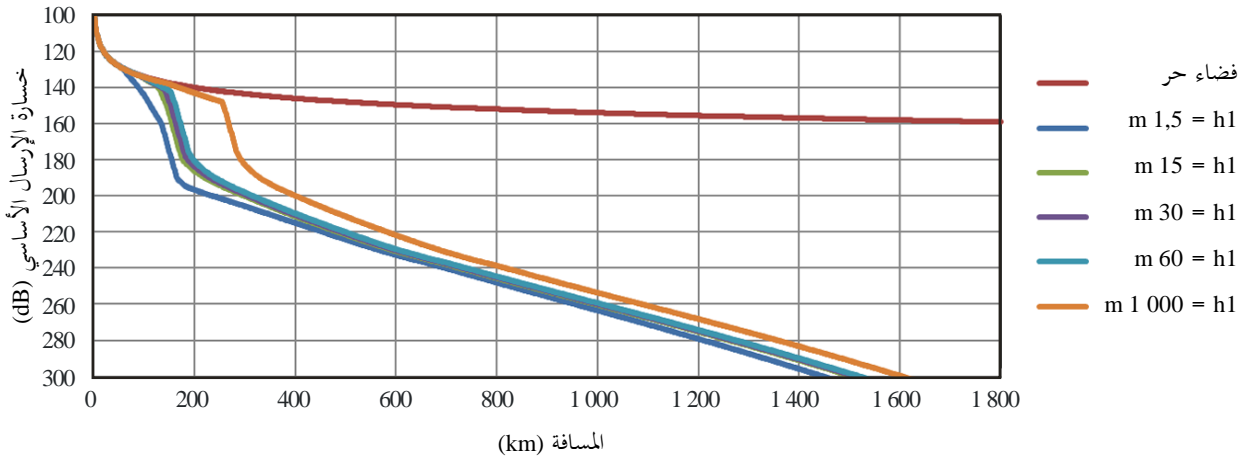
ب) $m 10\ 000 = h2$



ج) $m 20\ 000 = h2$

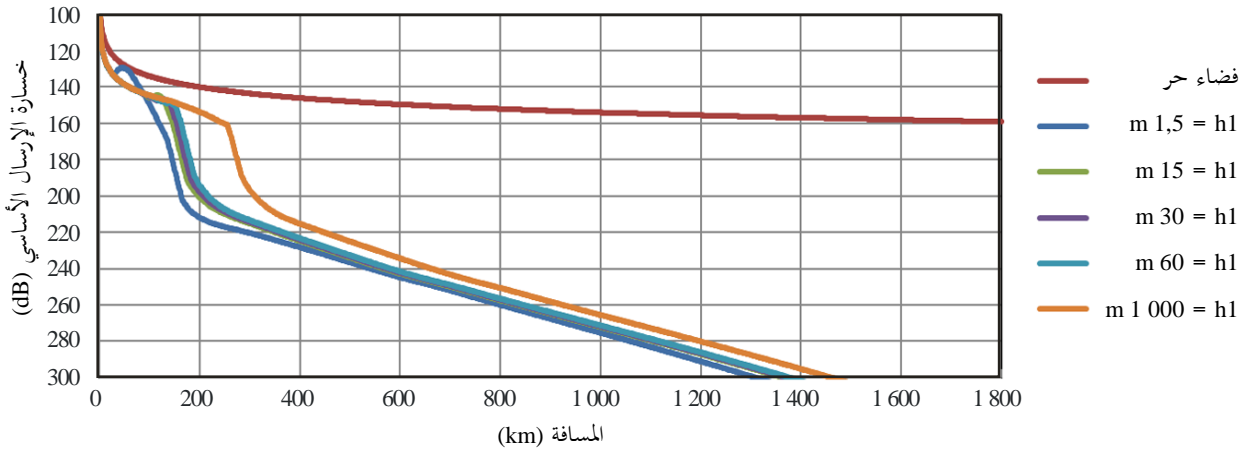
الشكل 4-4

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 1 200 MHz من أجل 50% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

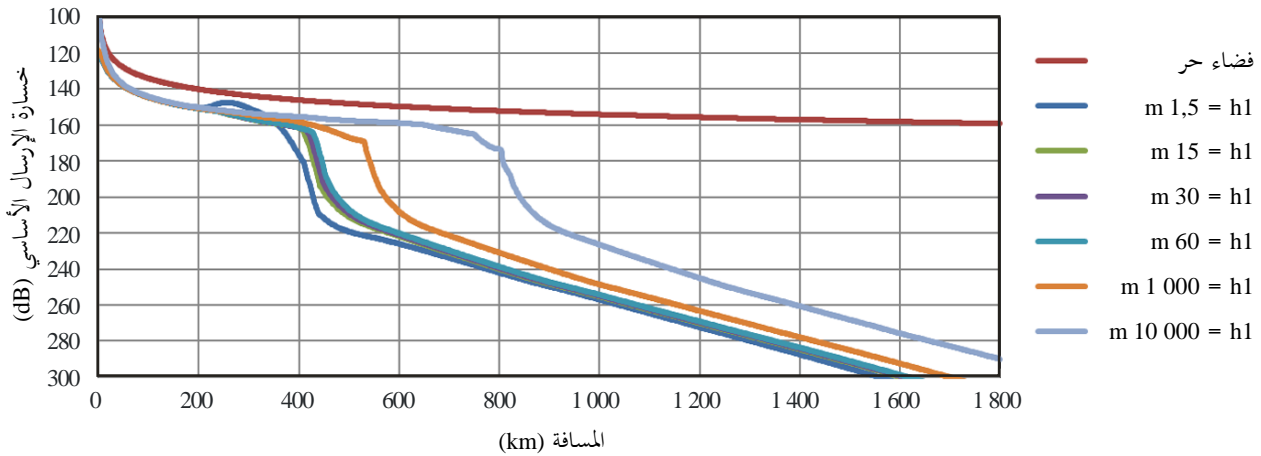


الشكل 5-4

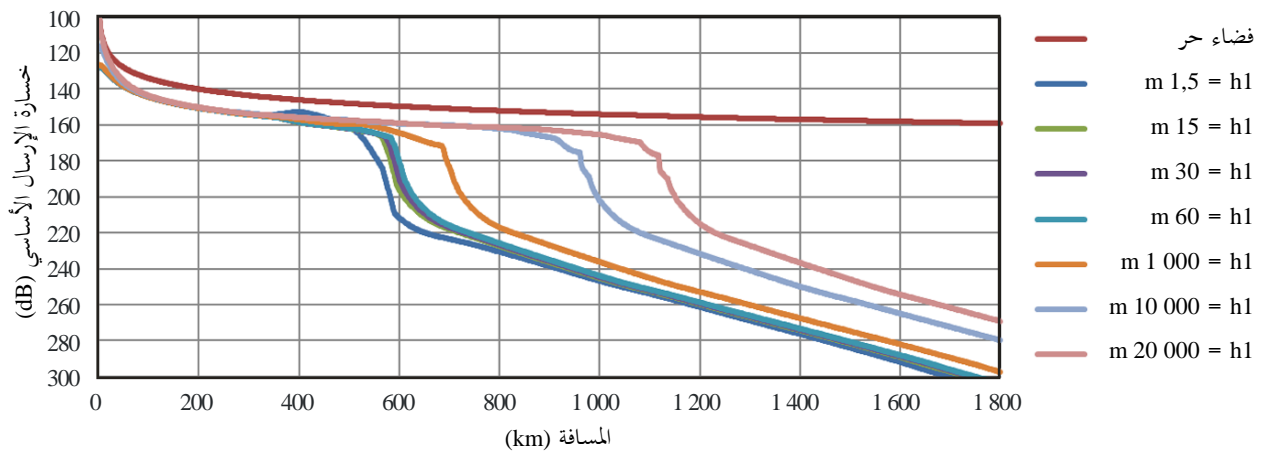
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 1 200 MHz من أجل 95% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1 000 = h_2$



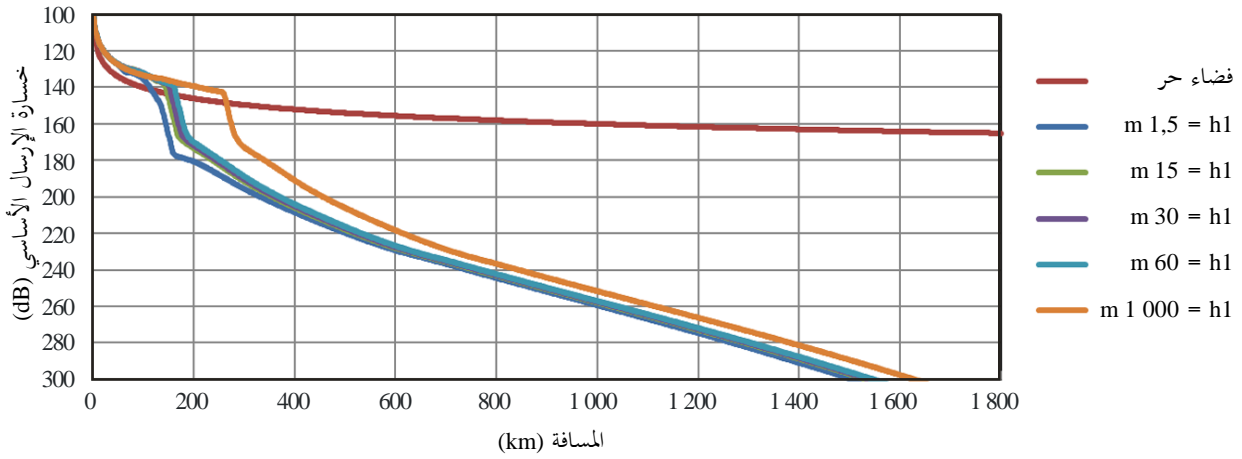
ب) $m 10 000 = h_2$



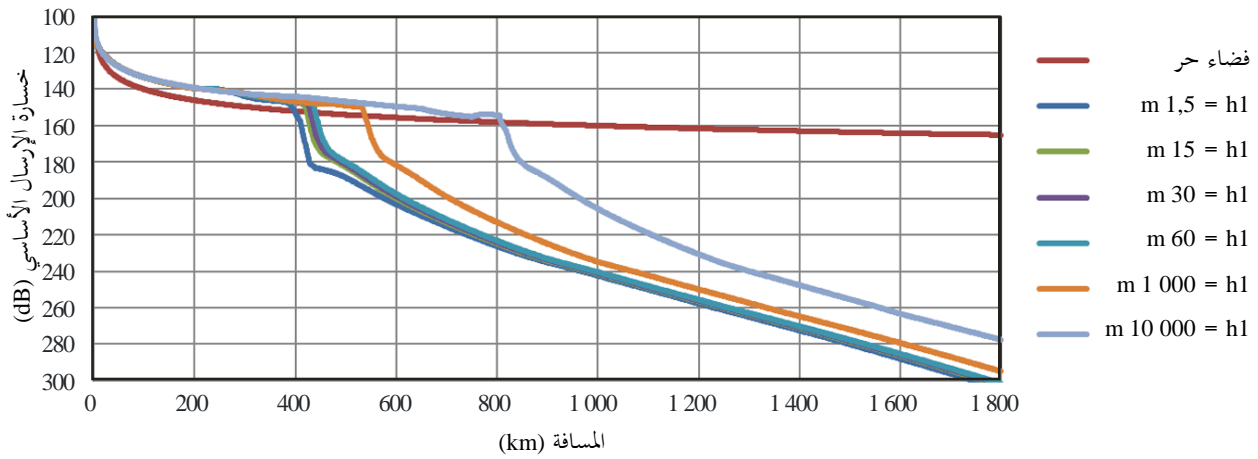
ج) $m 20 000 = h_2$

الشكل 1-5

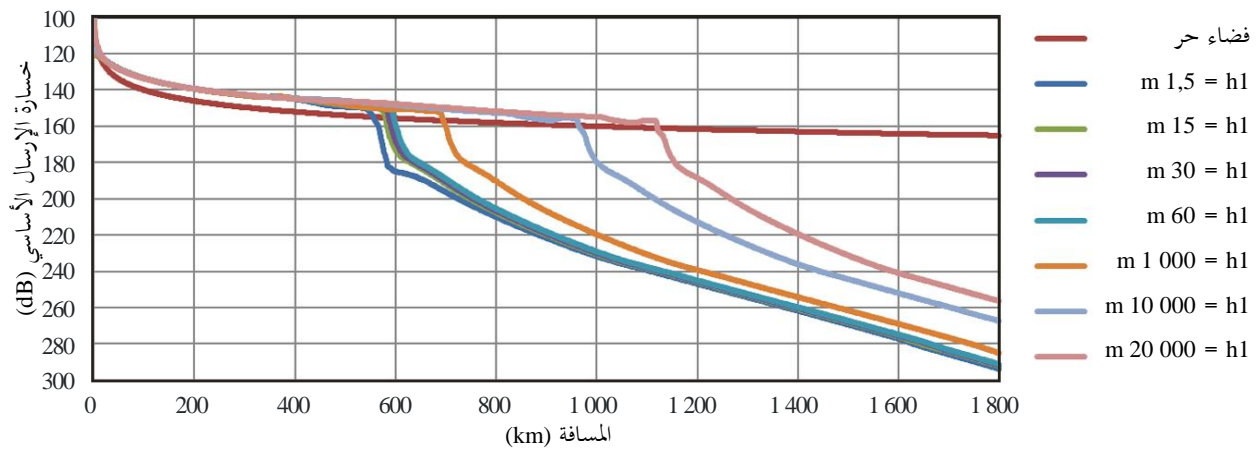
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 2 400 MHz من أجل 1%
من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h1



أ (m 1 000 = h2)



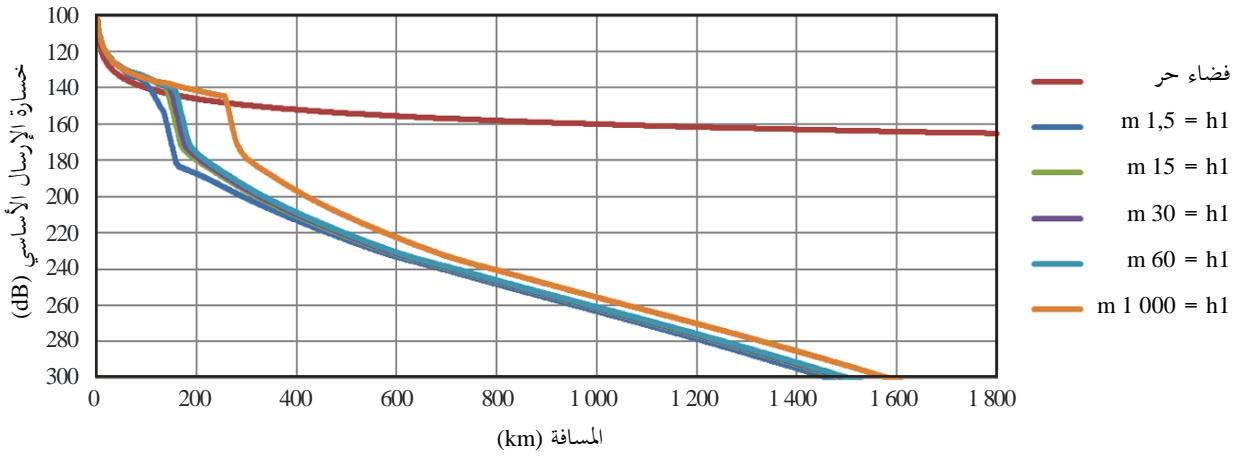
ب (m 10 000 = h2)



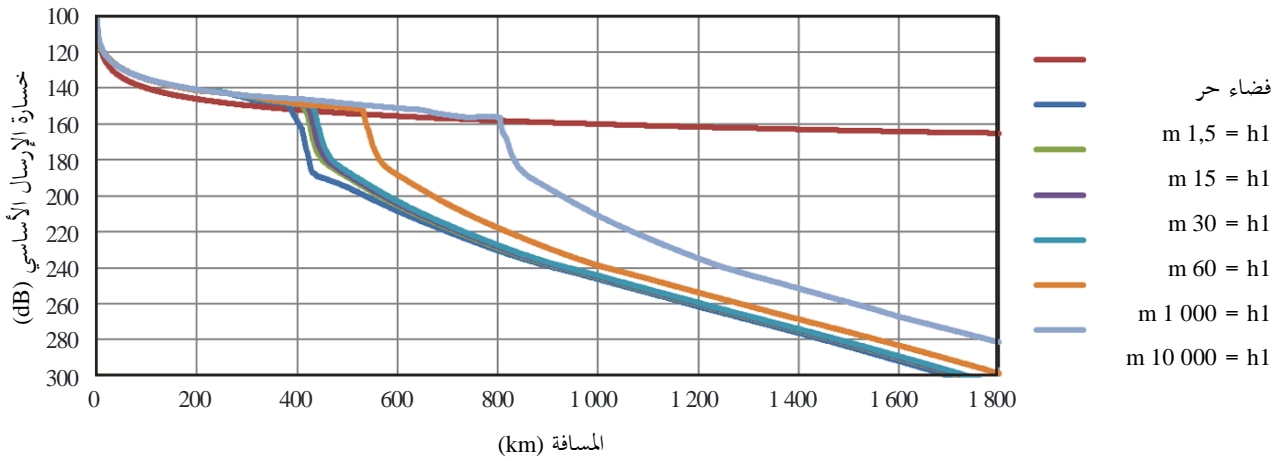
ج (m 20 000 = h2)

الشكل 2-5

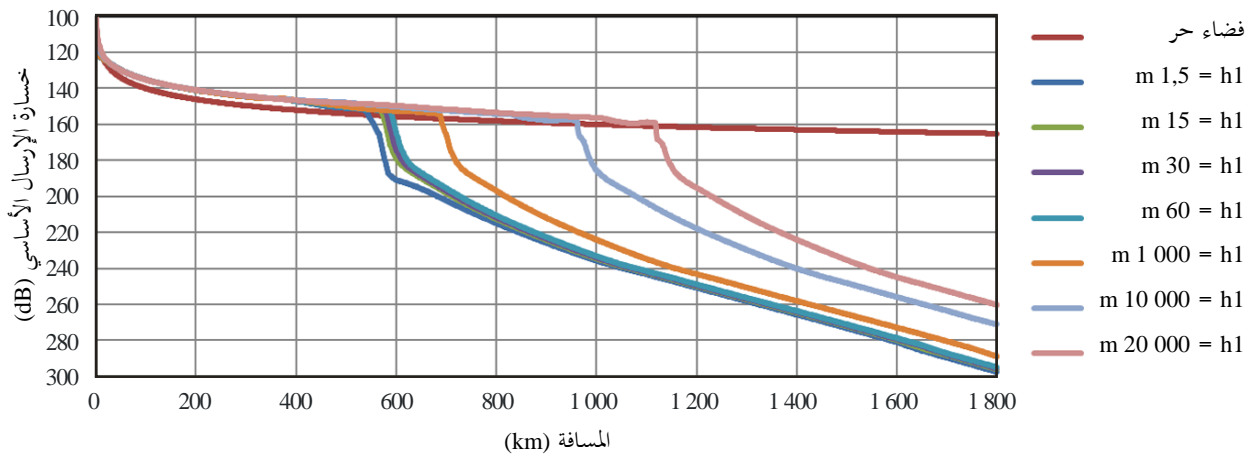
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 2 400 MHz من أجل 5% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1\ 000 = h_2$)



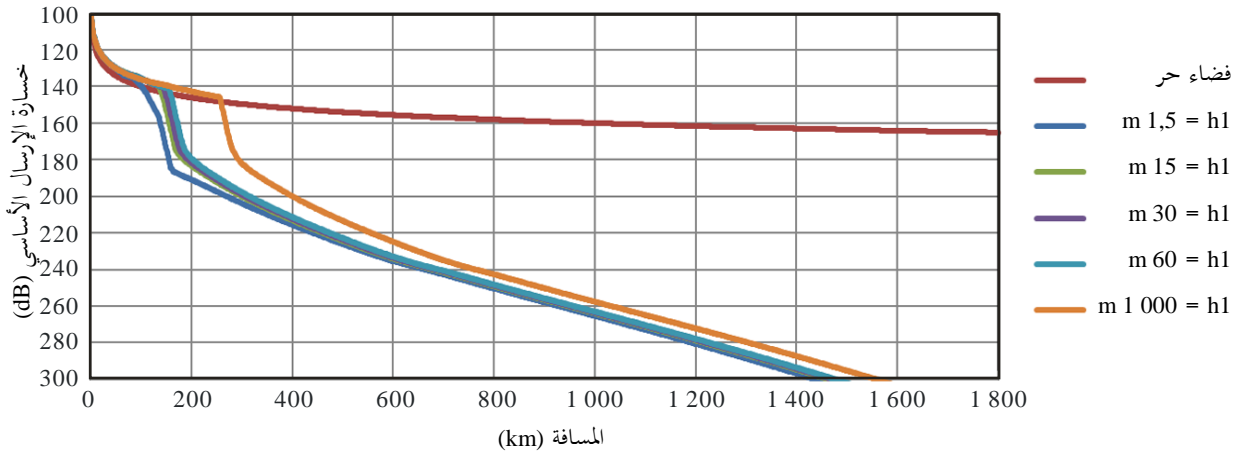
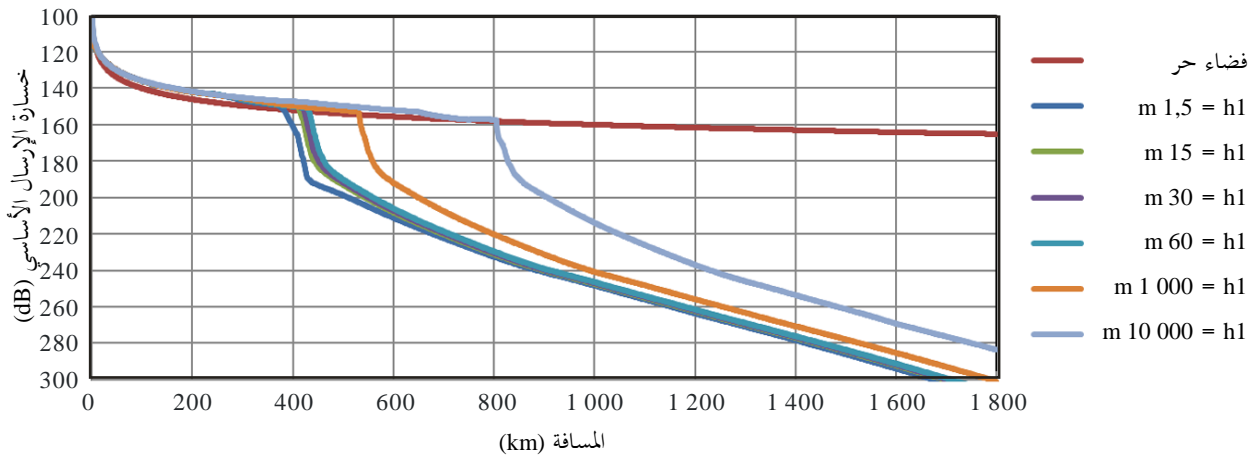
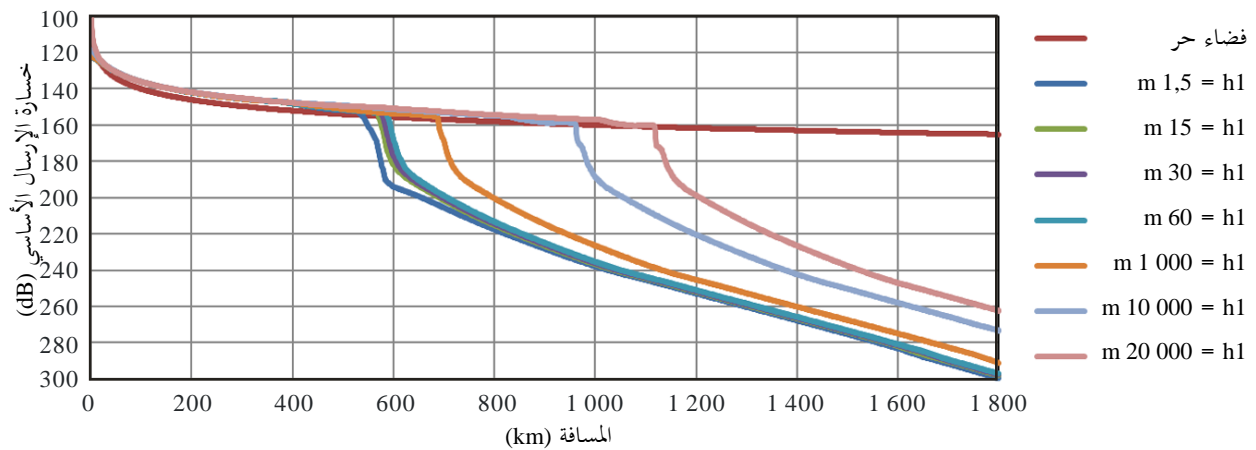
ب ($m 10\ 000 = h_2$)



ج ($m 20\ 000 = h_2$)

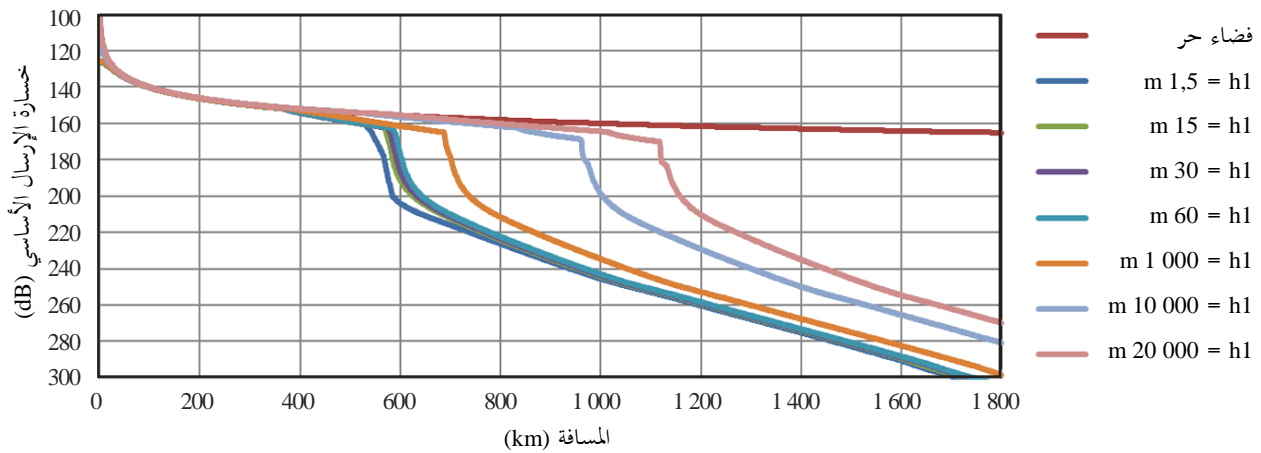
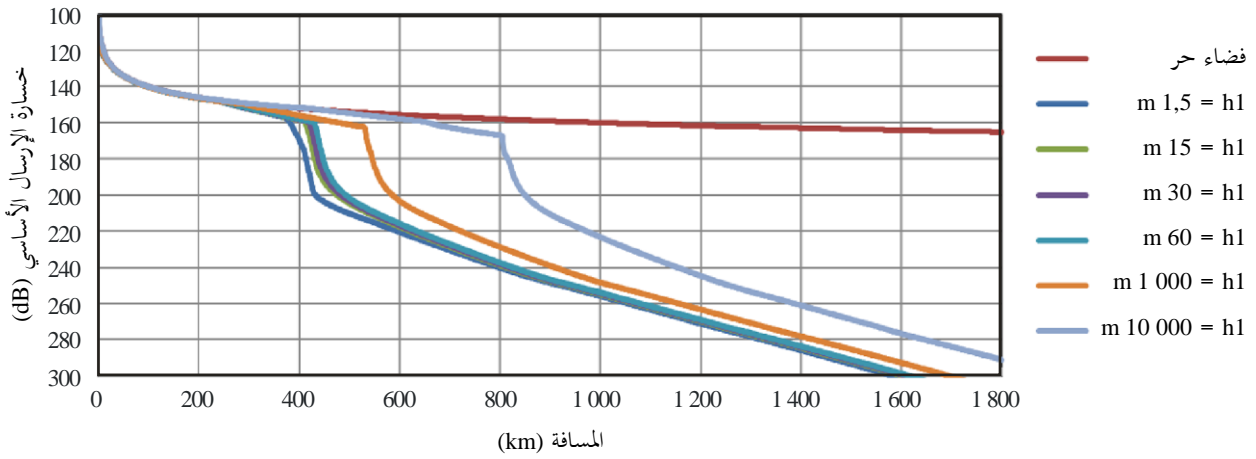
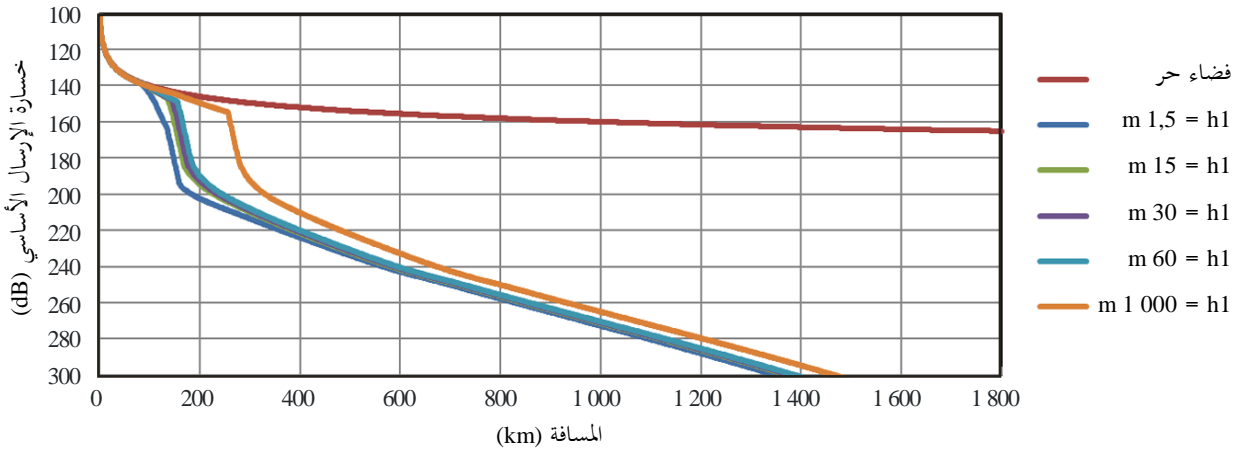
الشكل 3-5

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 2 400 MHz من أجل 10% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

أ) $m 1\ 000 = h_2$ ب) $m 10\ 000 = h_2$ ج) $m 20\ 000 = h_2$

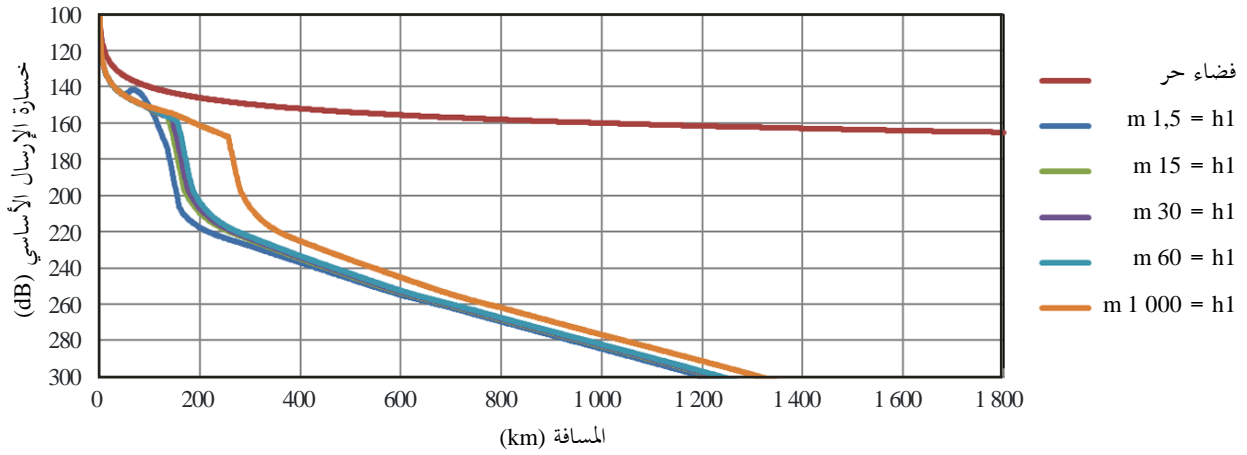
الشكل 4-5

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 2 400 MHz من أجل 50% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

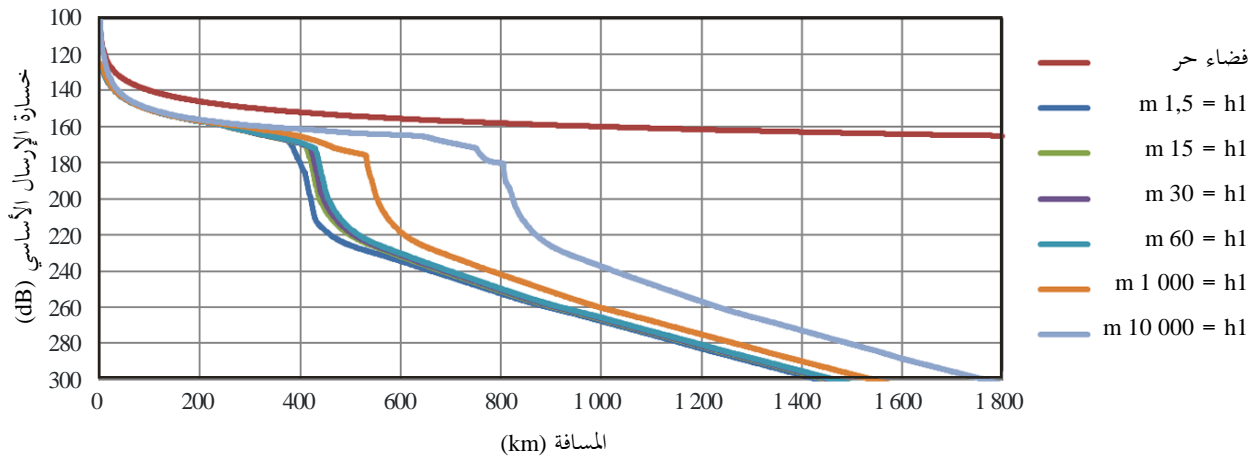


الشكل 5-5

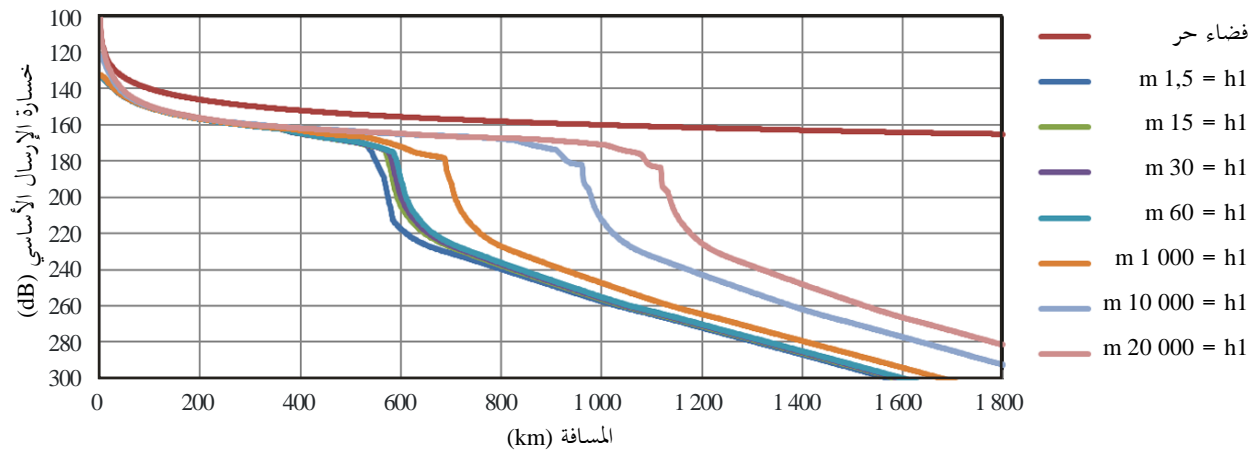
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 2 400 MHz من أجل 95% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1000 = h_2$



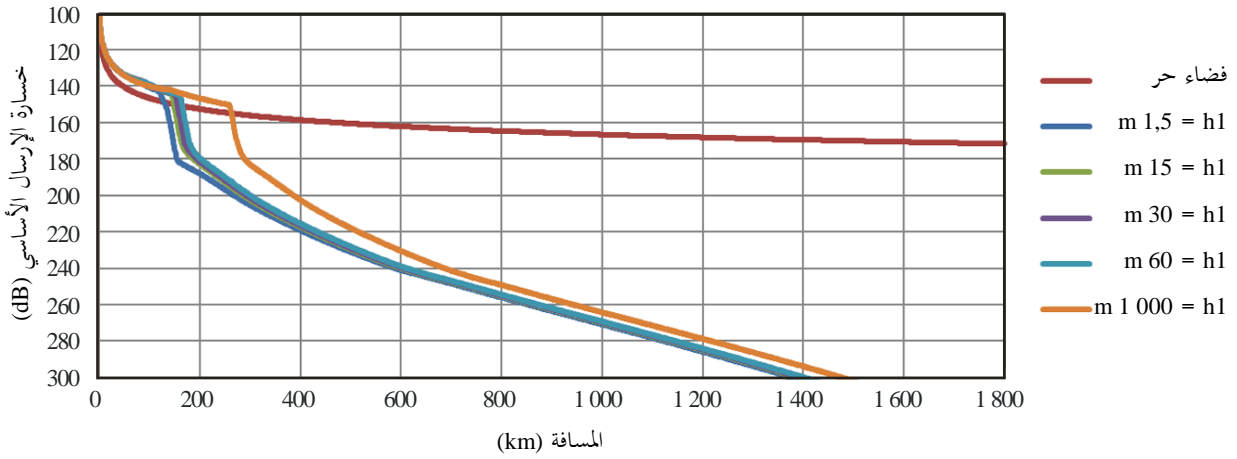
ب) $m 10000 = h_2$



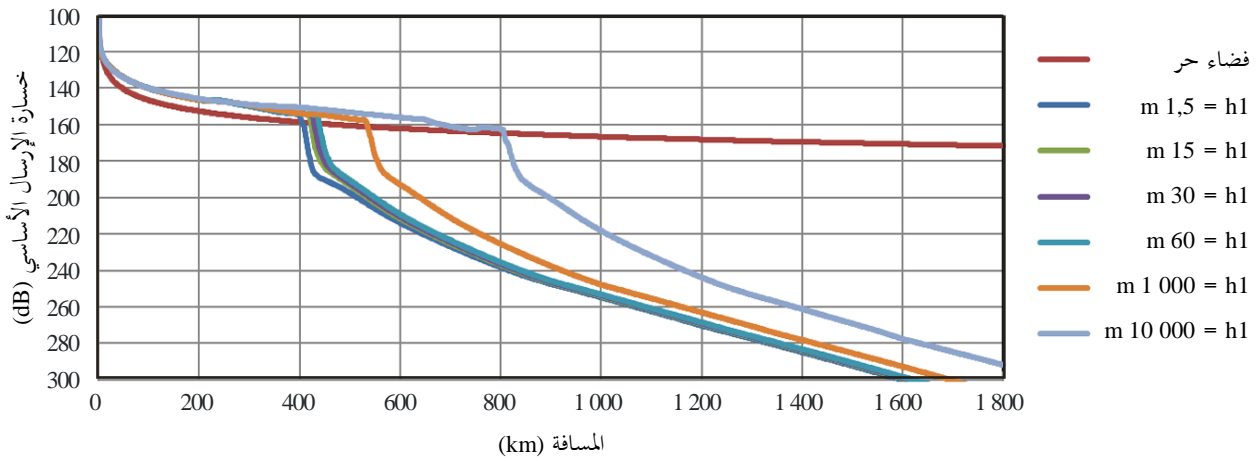
ج) $m 20000 = h_2$

الشكل 1-6

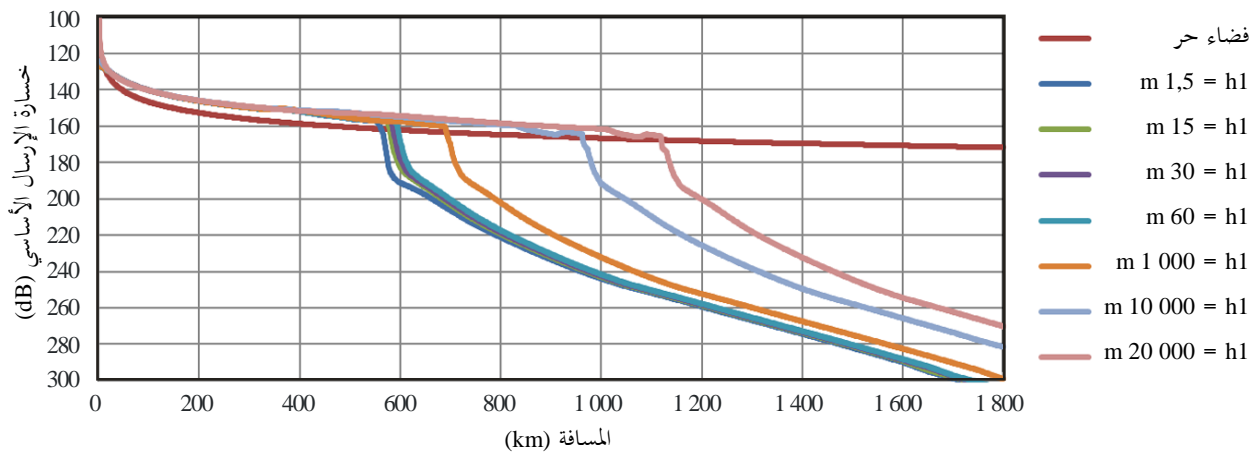
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 5 100 MHz من أجل 1% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h1



أ (m 1 000 = h2)



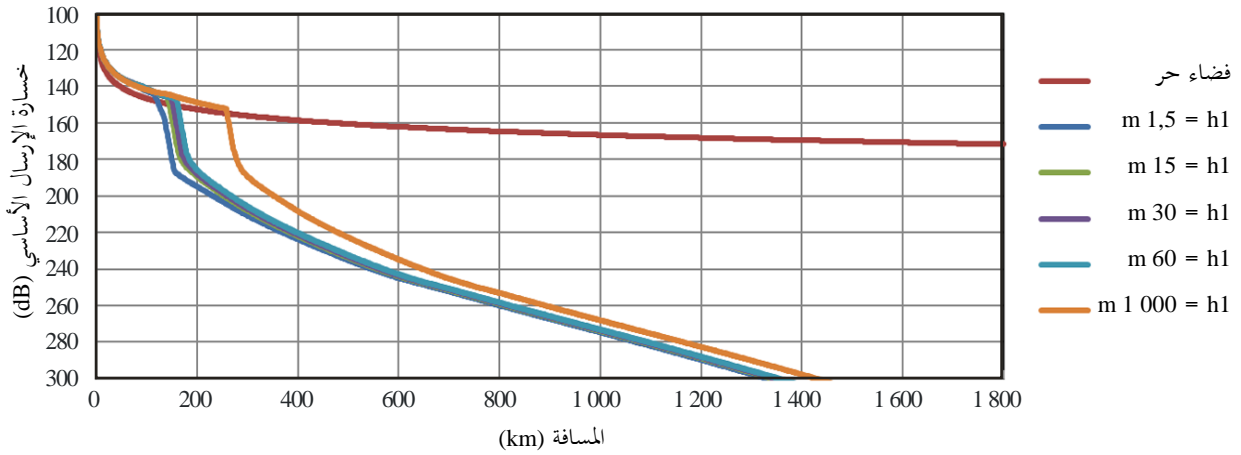
ب (m 10 000 = h2)



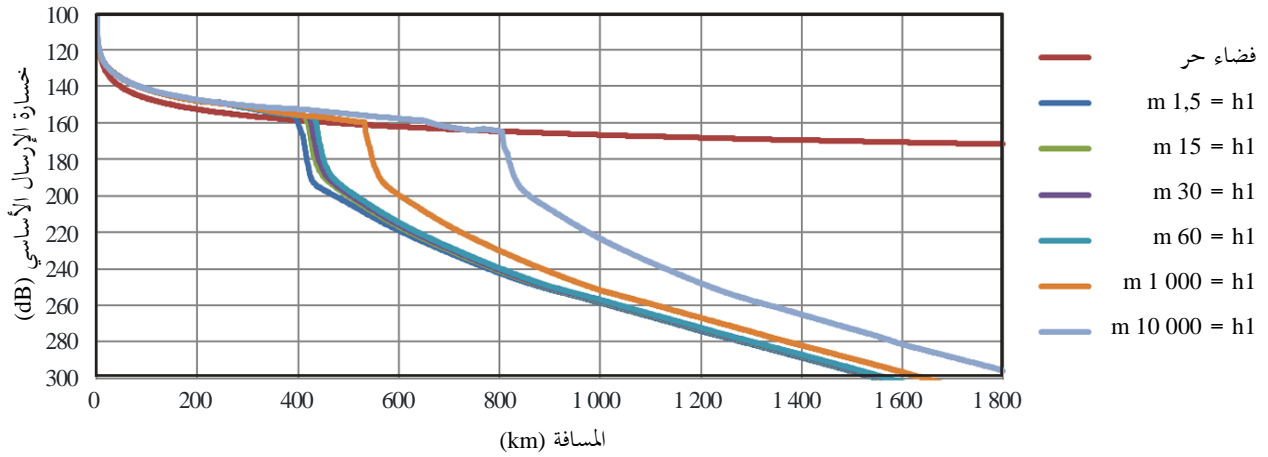
ج (m 20 000 = h2)

الشكل 2-6

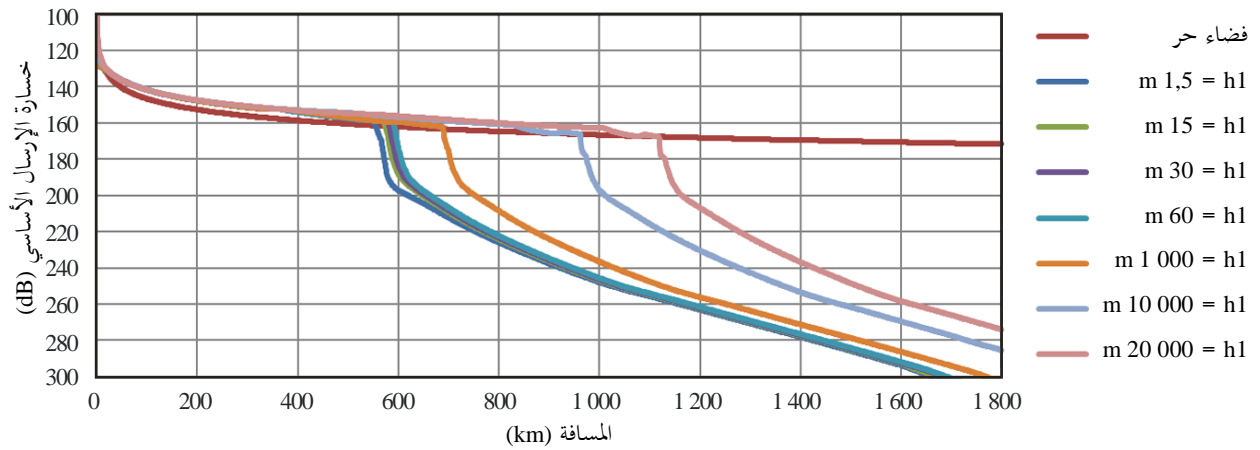
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 5 100 MHz من أجل 5%
من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h1



أ ($m 1\ 000 = h2$)



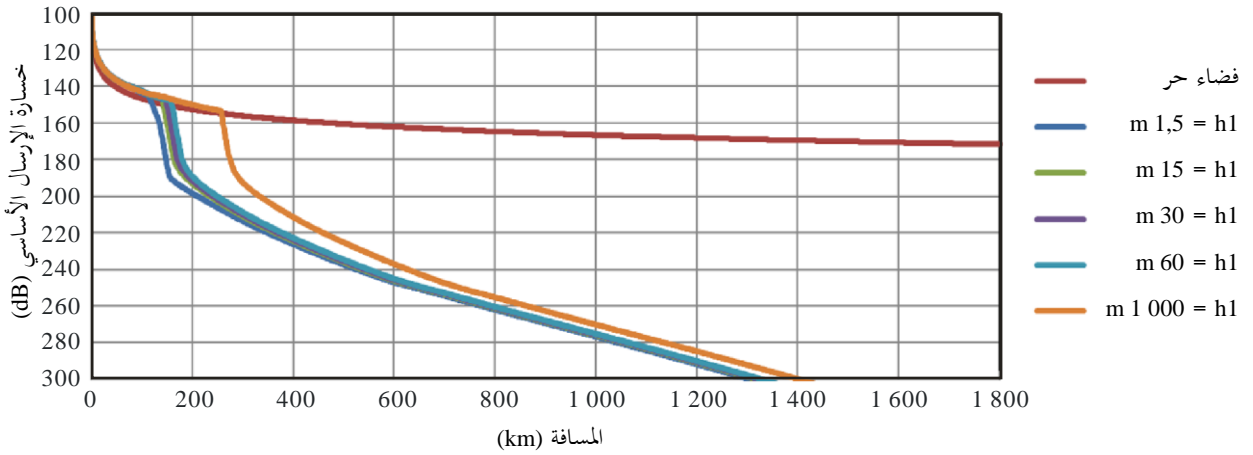
ب ($m 10\ 000 = h2$)



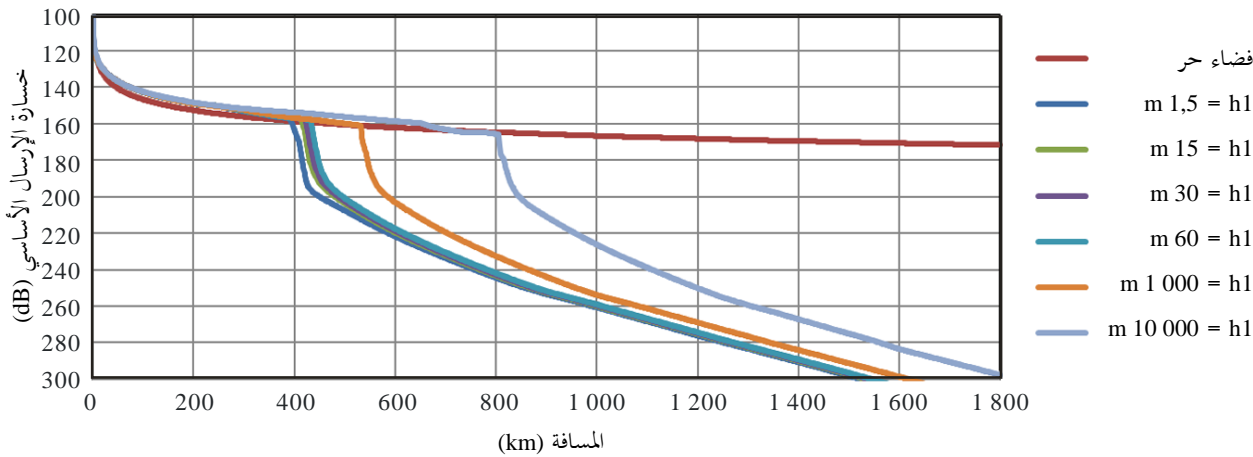
ج ($m 20\ 000 = h2$)

الشكل 3-6

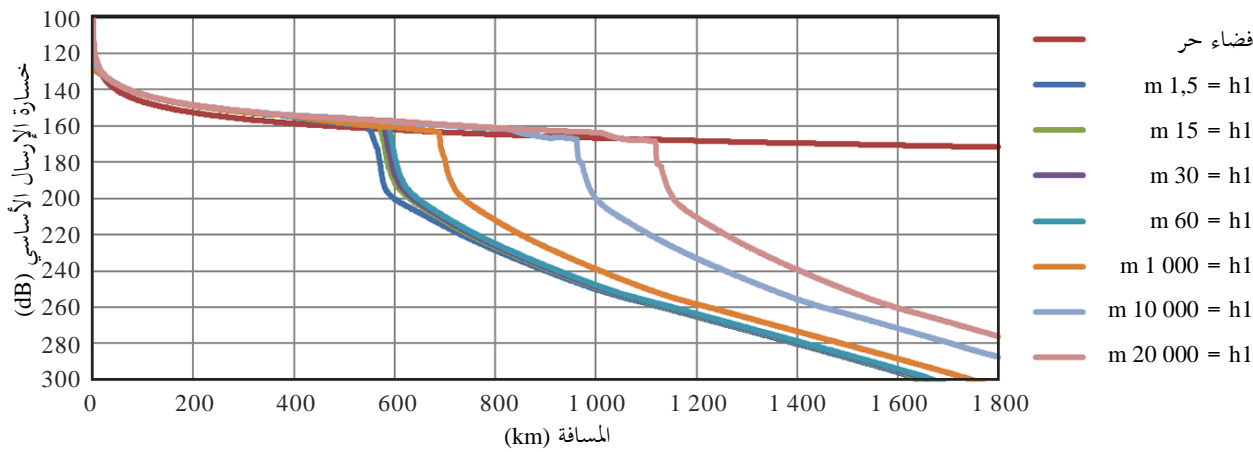
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 5 100 MHz من أجل 10% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1\ 000 = h_2$)



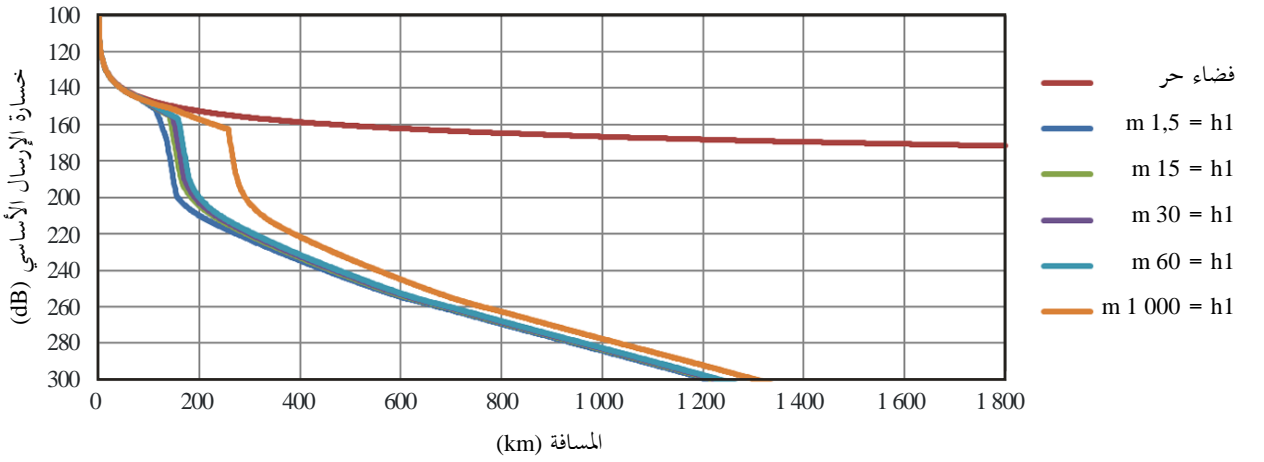
ب ($m 10\ 000 = h_2$)



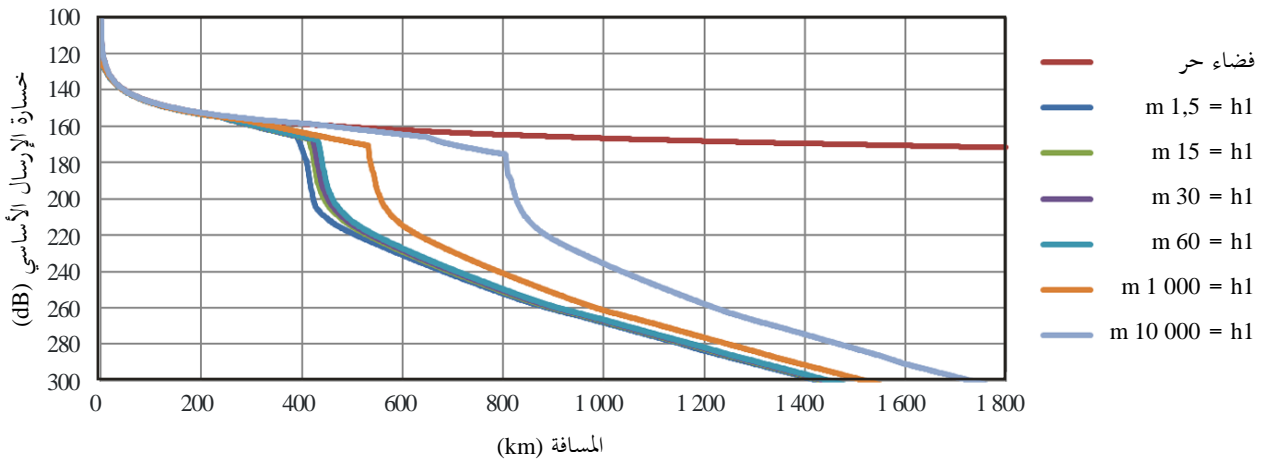
ج ($m 20\ 000 = h_2$)

الشكل 4-6

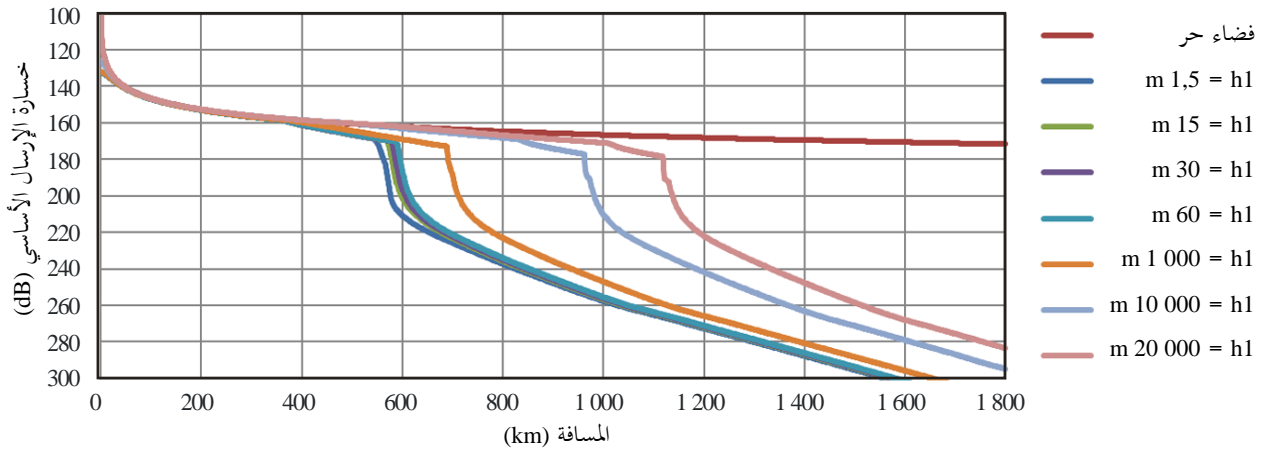
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 5 100 MHz من أجل 50% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1 000 = h_2$)



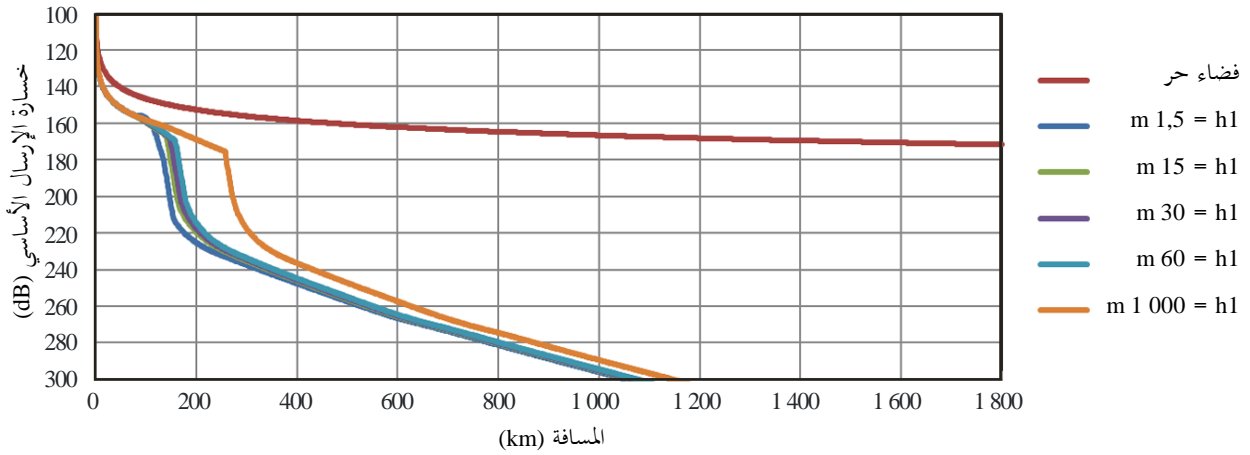
ب ($m 10 000 = h_2$)



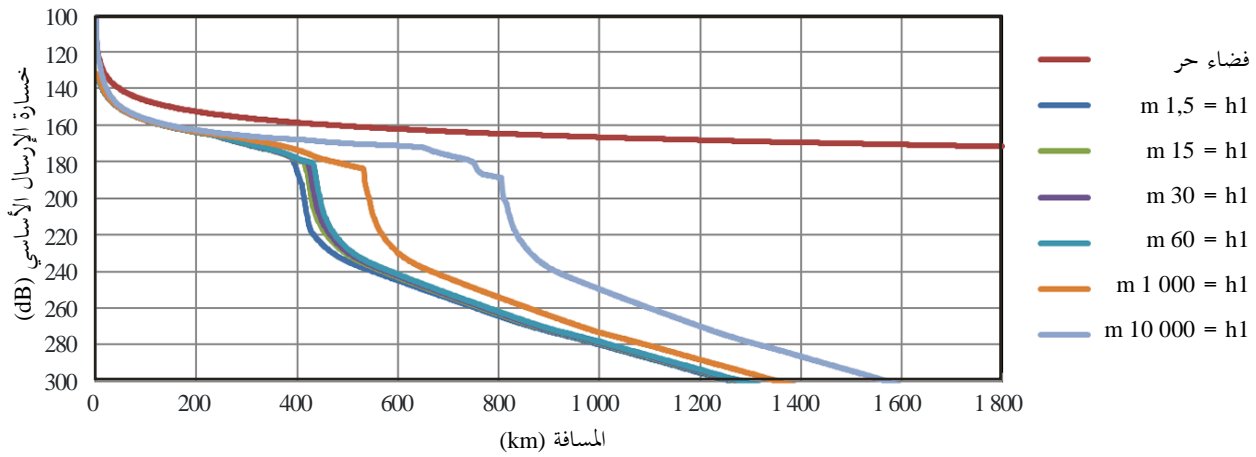
ج ($m 20 000 = h_2$)

الشكل 5-6

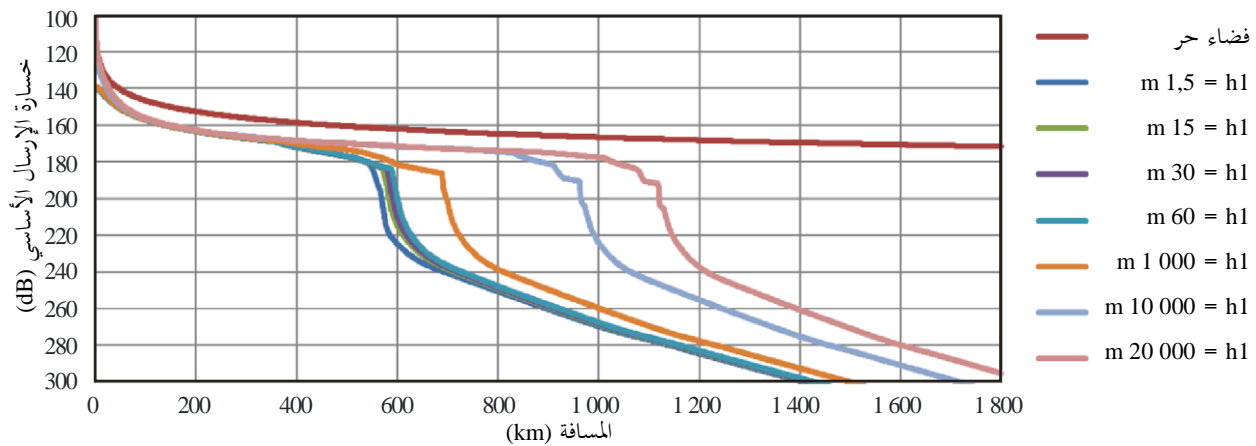
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 5 100 MHz من أجل 95% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1 000 = h_2$



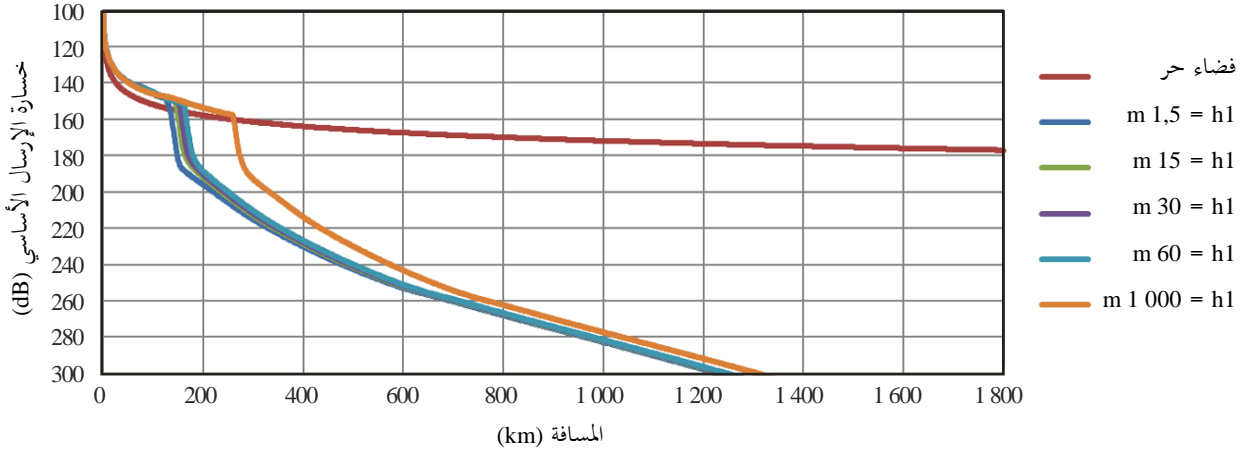
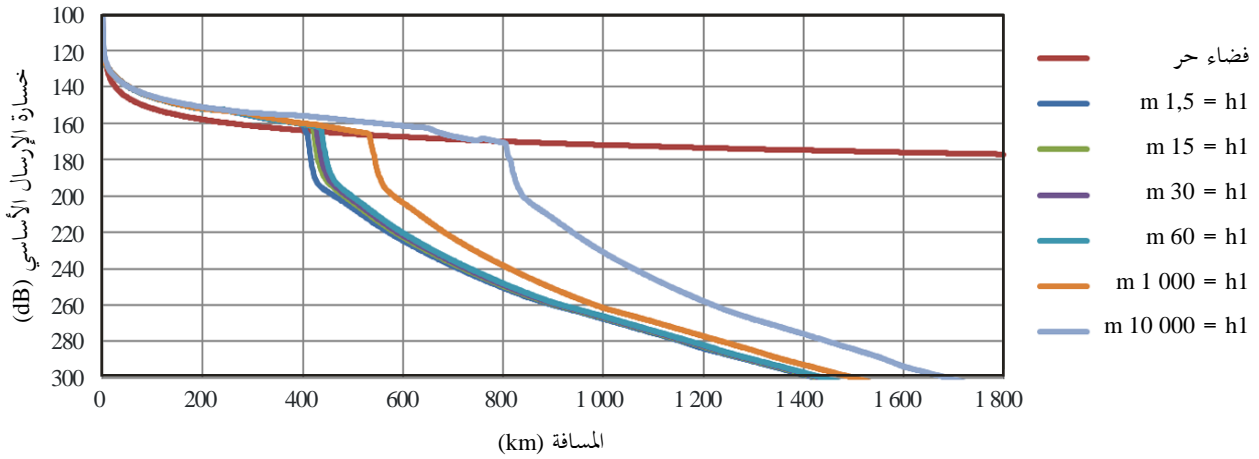
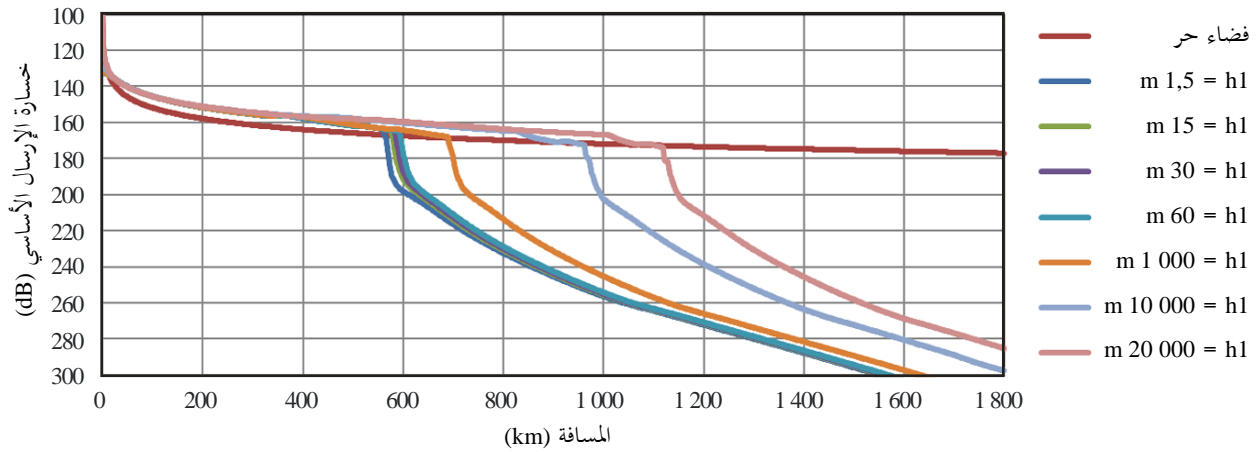
ب) $m 10 000 = h_2$



ج) $m 20 000 = h_2$

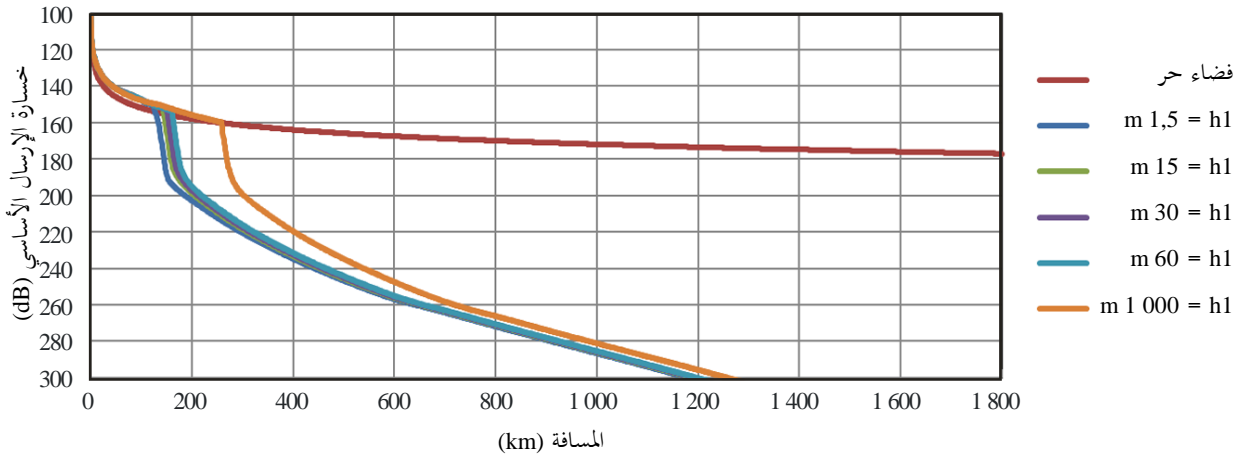
الشكل 1-7

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 9 400 MHz من أجل 1% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

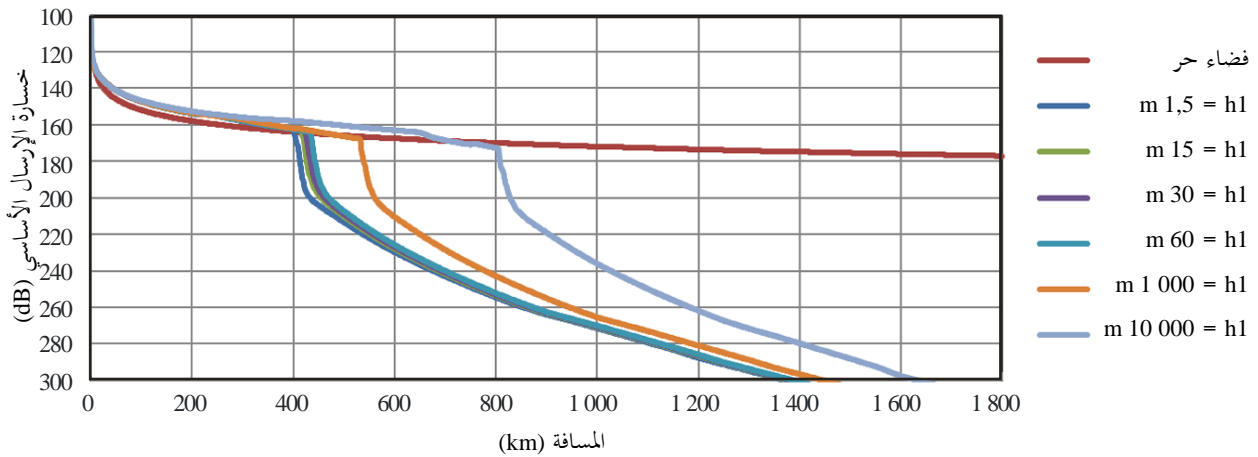
أ) $m 1\ 000 = h_2$ ب) $m 10\ 000 = h_2$ ج) $m 20\ 000 = h_2$

الشكل 2-7

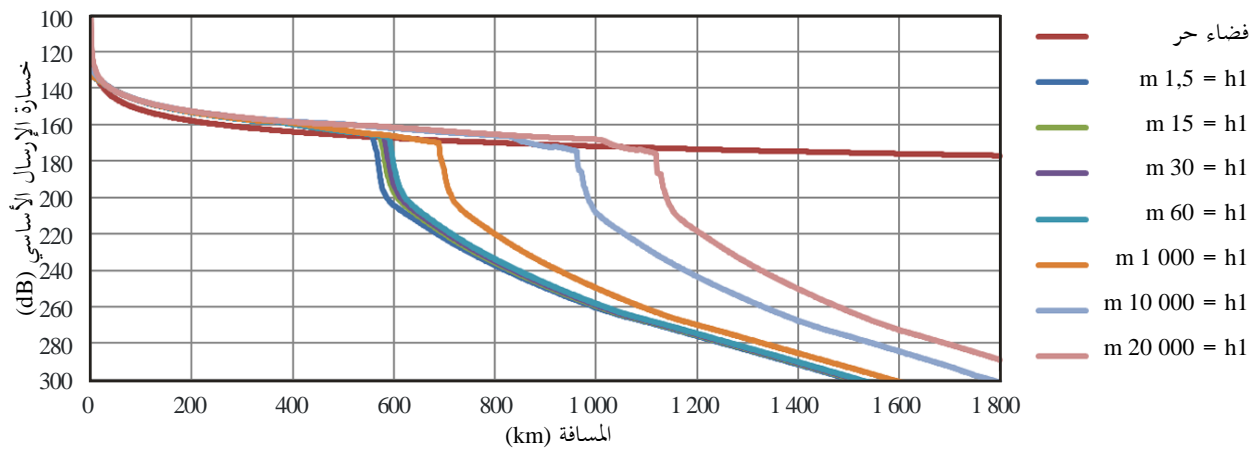
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 9 400 MHz من أجل 5% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h1



أ (m 1 000 = h2)



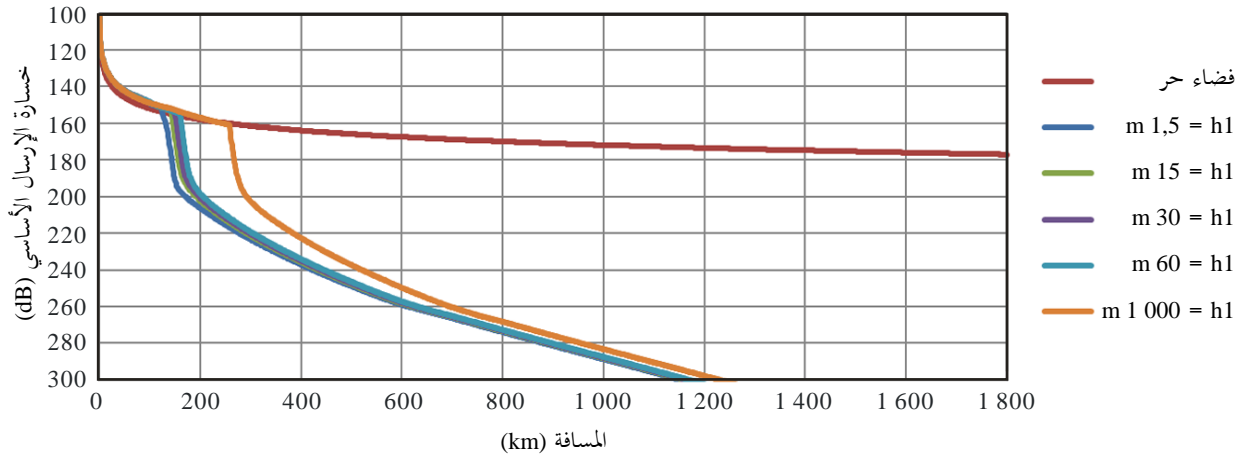
ب (m 10 000 = h2)



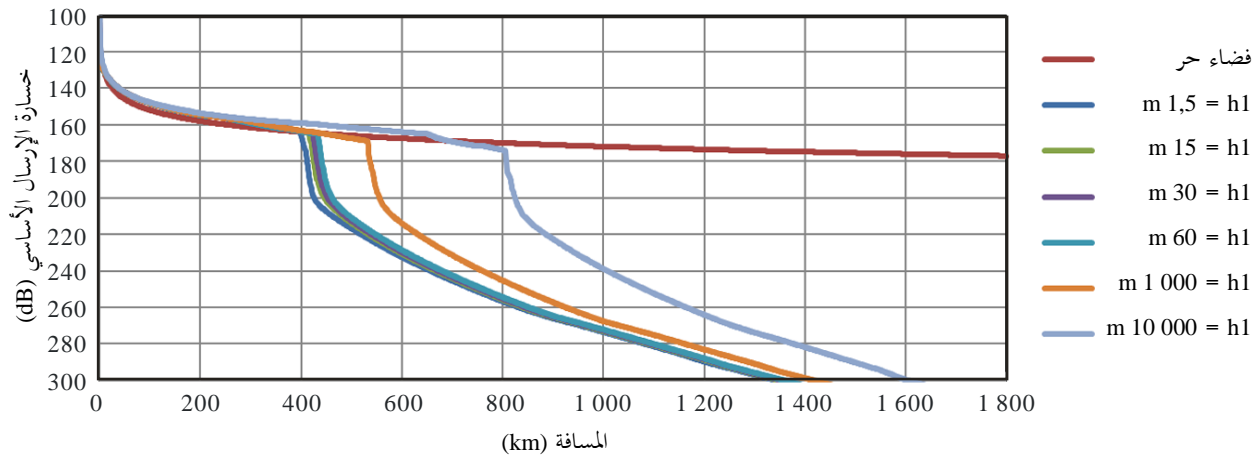
ج (m 20 000 = h2)

الشكل 3-7

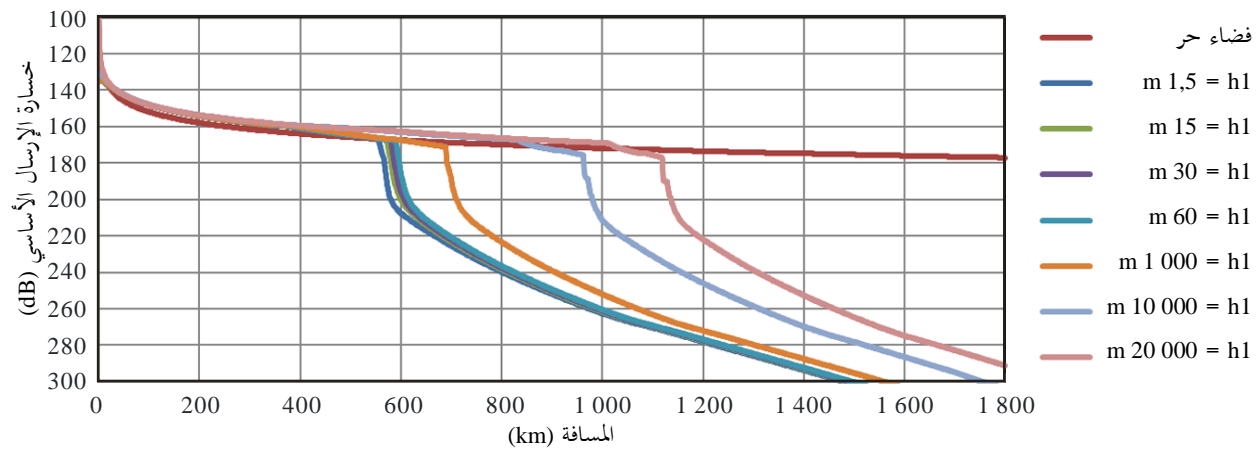
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 9 400 MHz من أجل 10% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1 000 = h_2$)



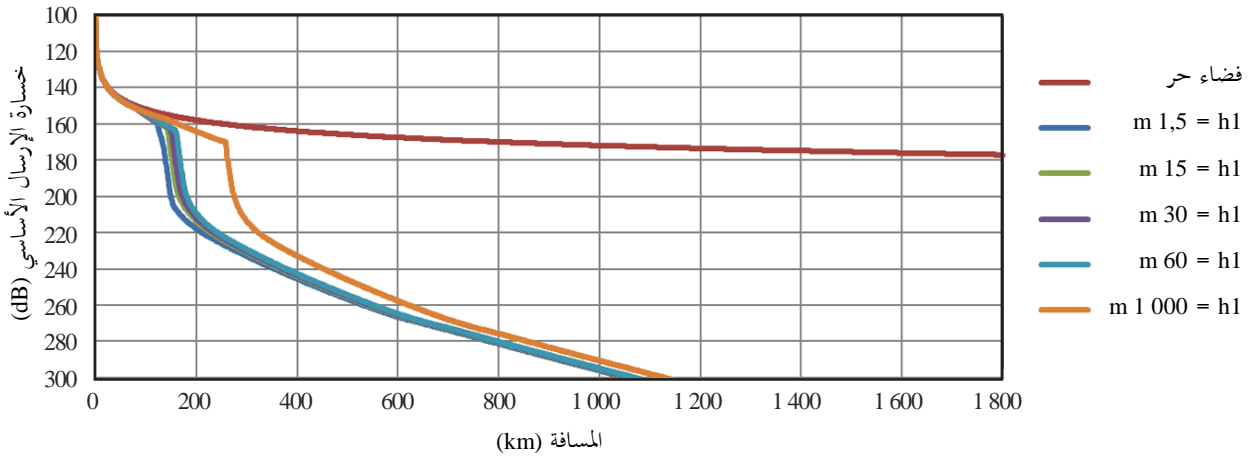
ب ($m 10 000 = h_2$)



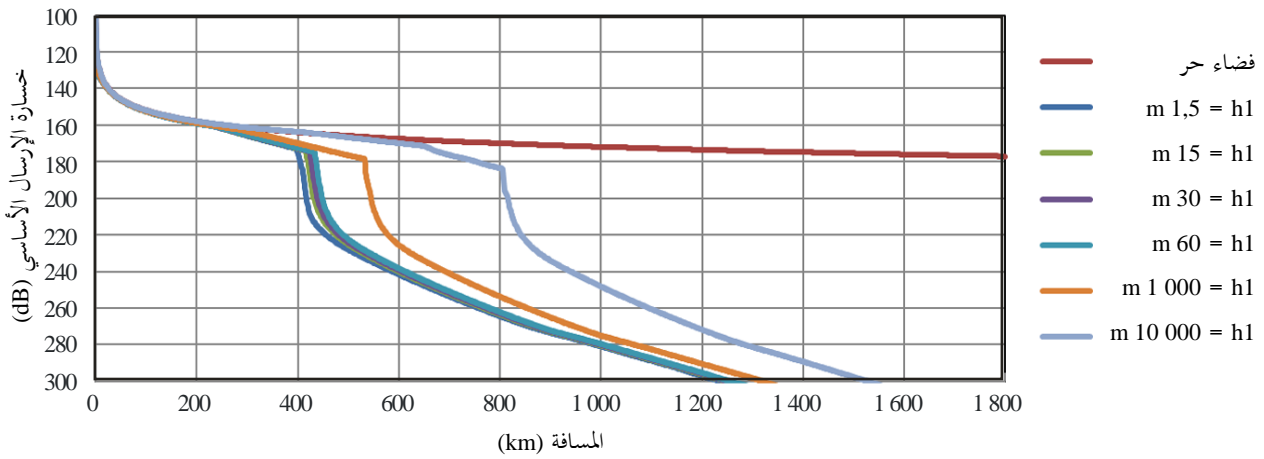
ج ($m 20 000 = h_2$)

الشكل 4-7

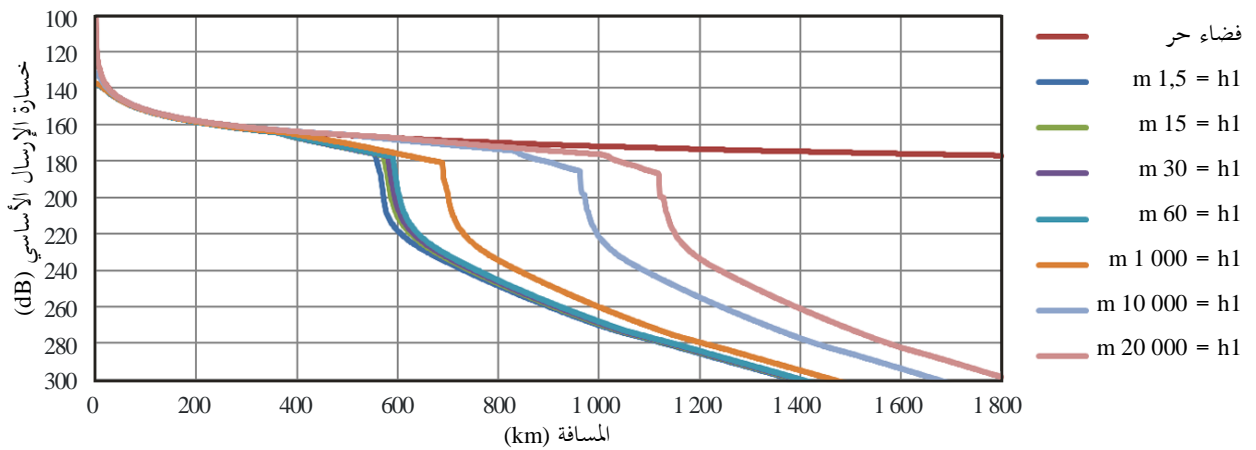
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 9 400 MHz من أجل 50% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1 000 = h_2$)



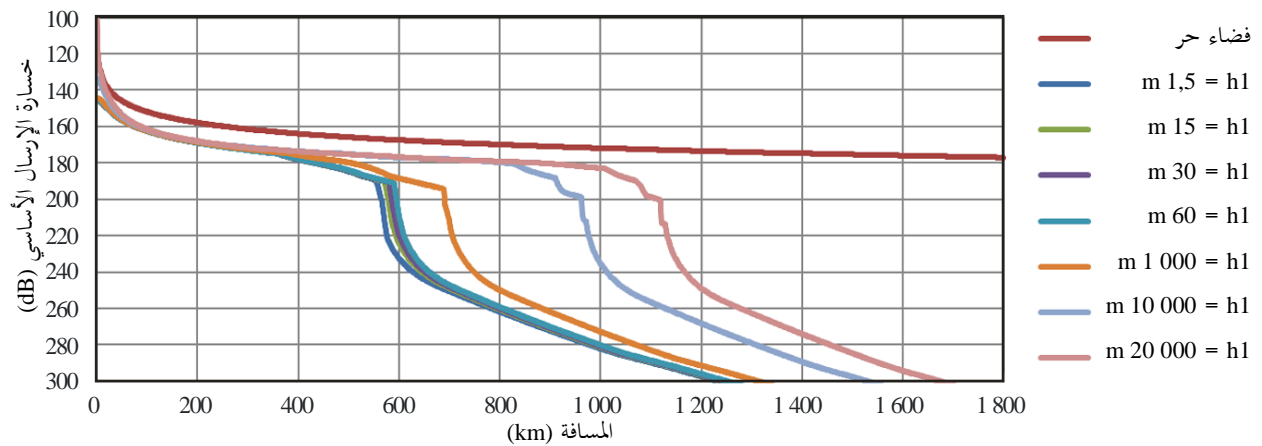
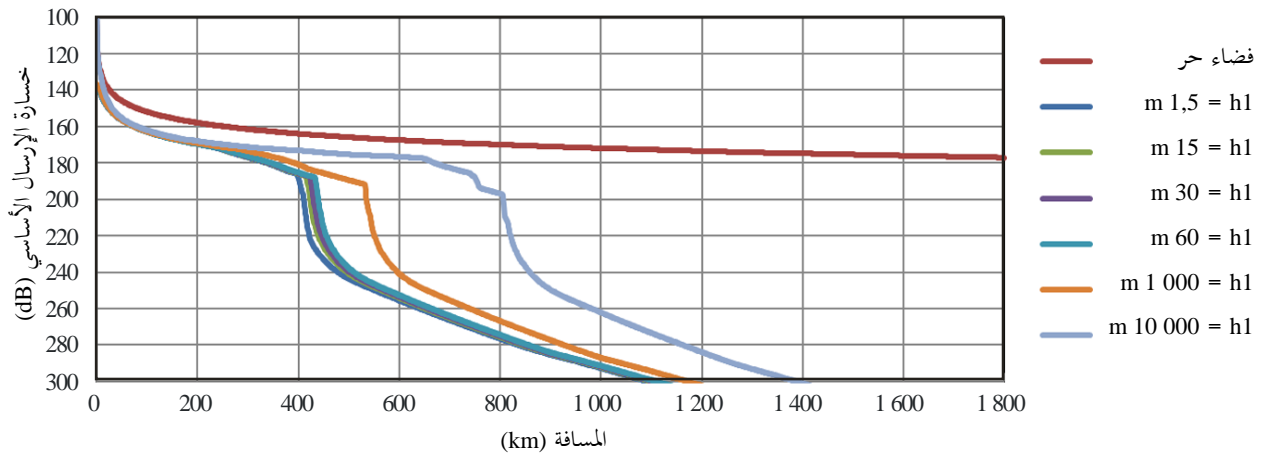
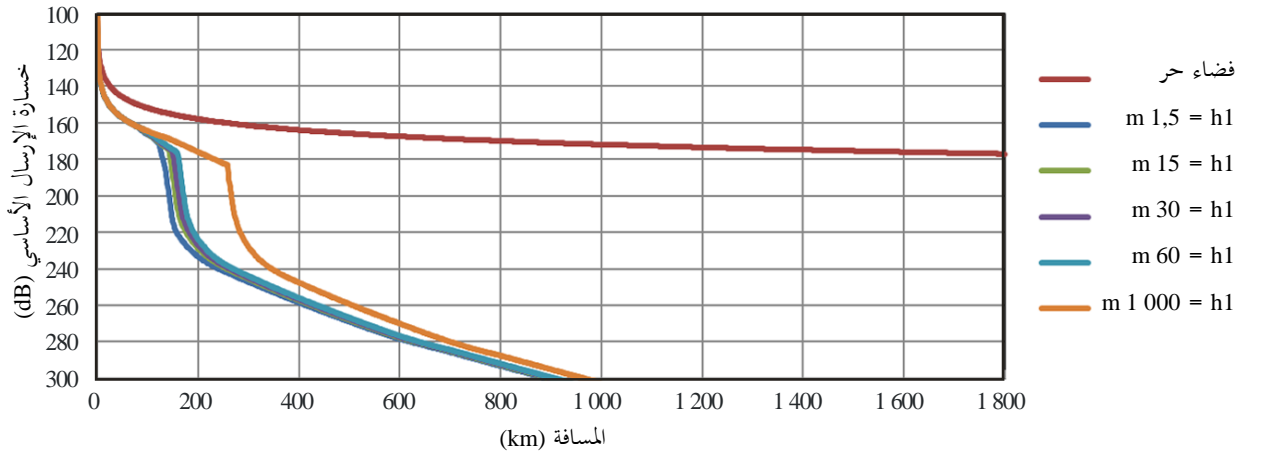
ب ($m 10 000 = h_2$)



ج ($m 20 000 = h_2$)

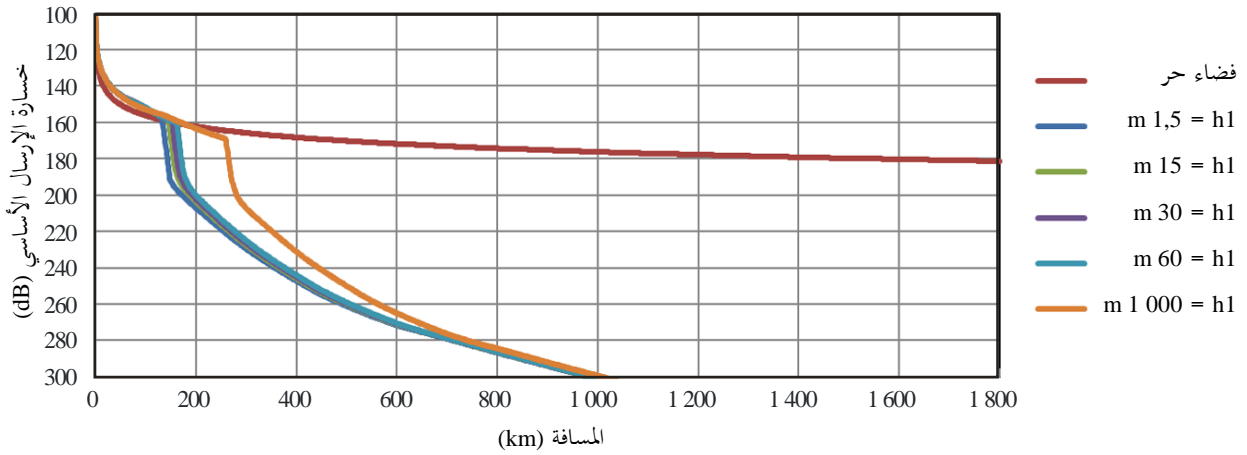
الشكل 5-7

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 9 400 MHz من أجل 95% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

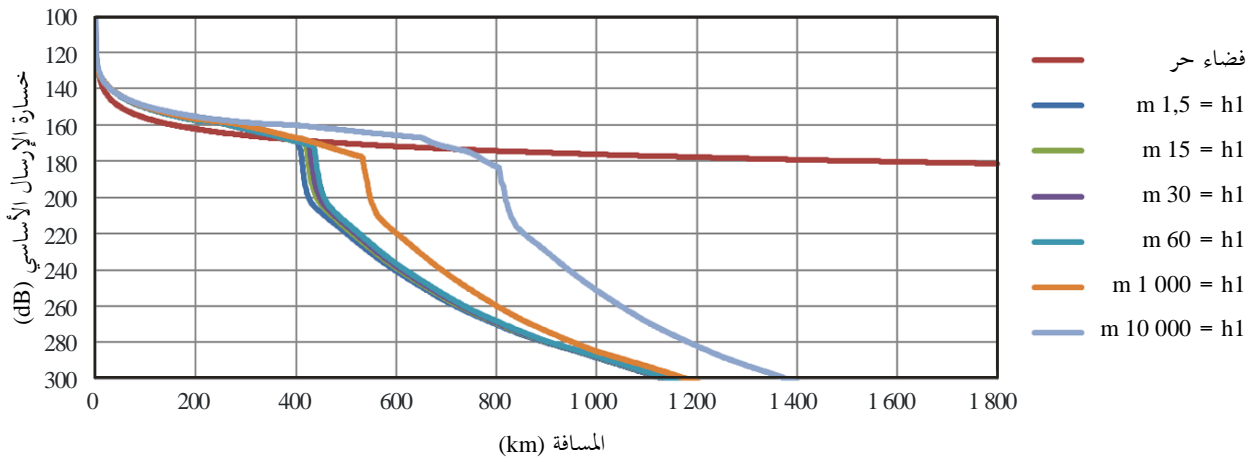


الشكل 1-8

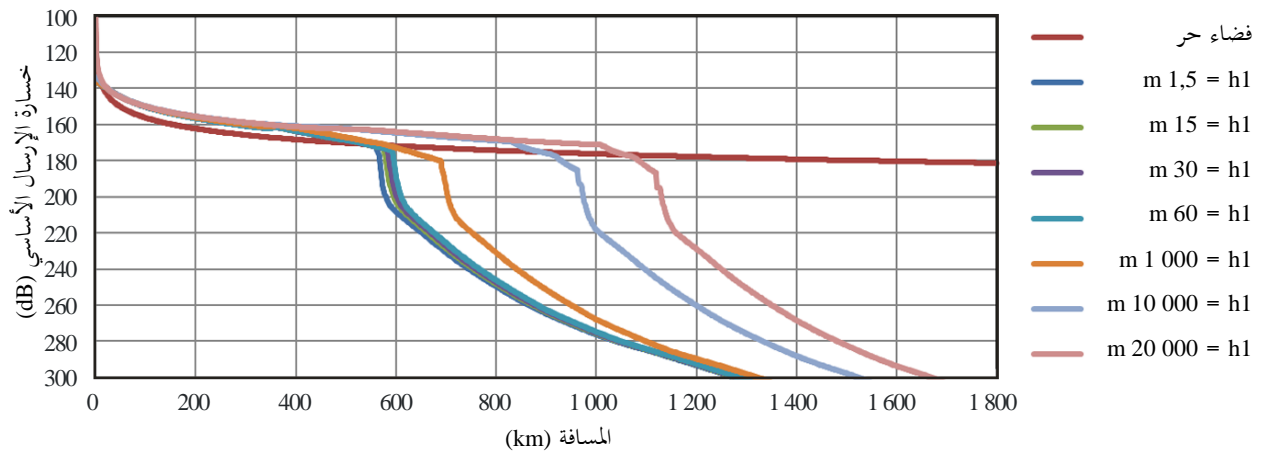
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 15 500 MHz من أجل 1% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ) $m 1\ 000 = h_2$



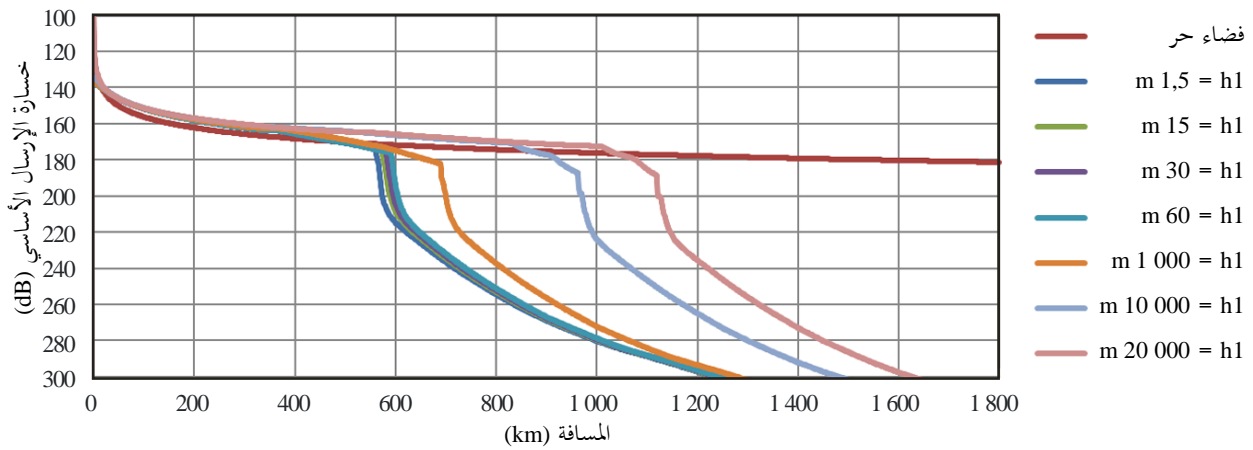
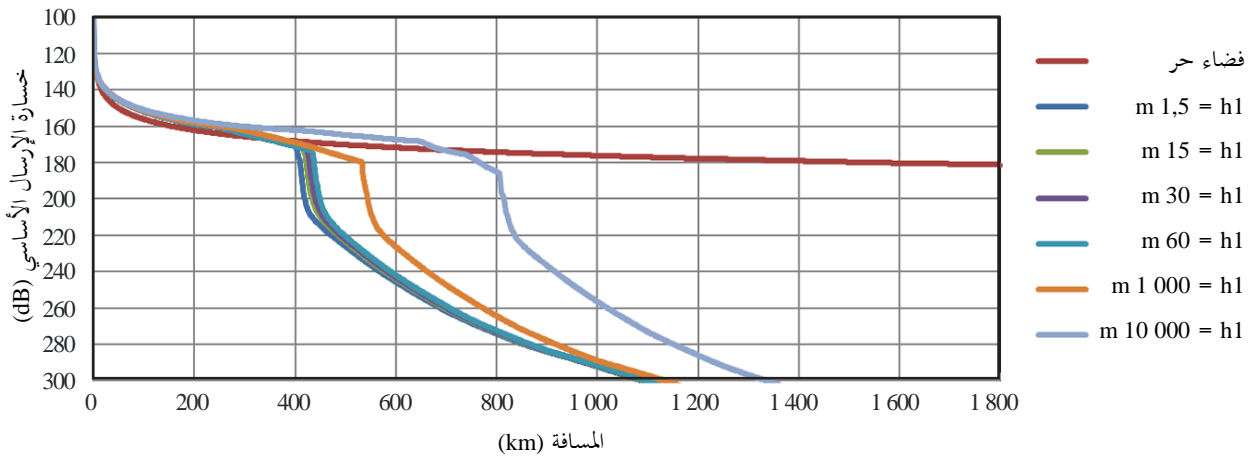
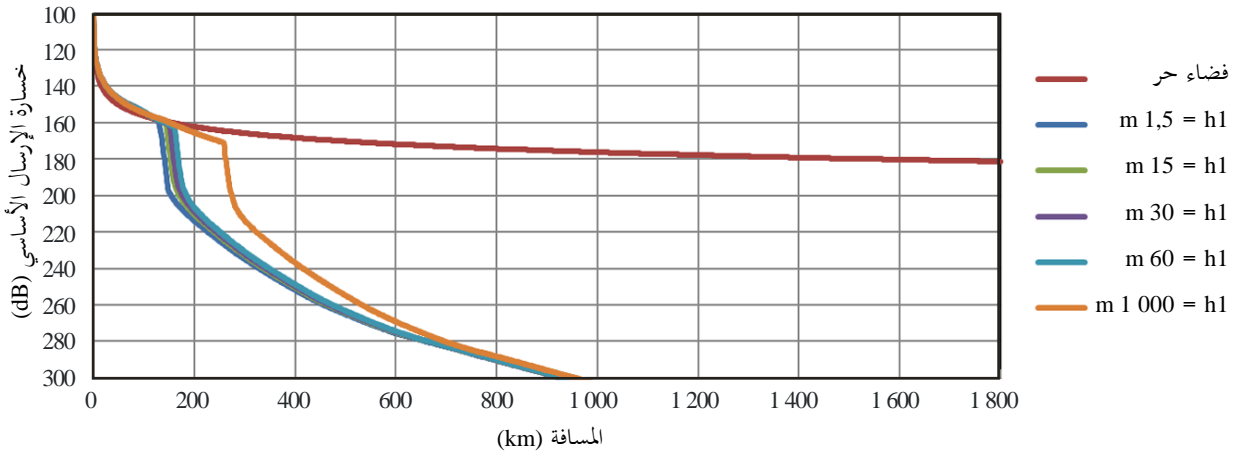
ب) $m 10\ 000 = h_2$



ج) $m 20\ 000 = h_2$

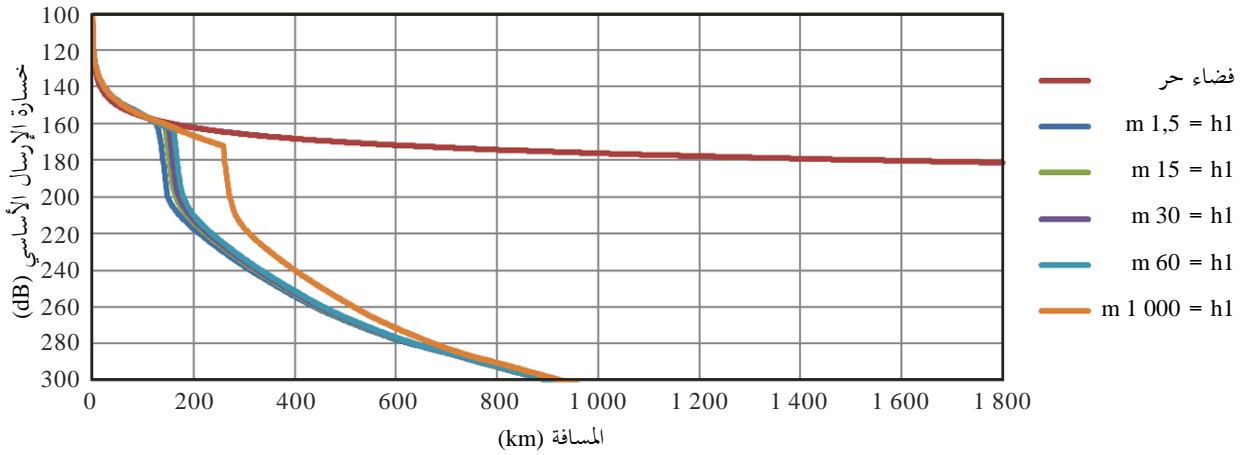
الشكل 2-8

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 15 500 MHz من أجل 5%
من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1

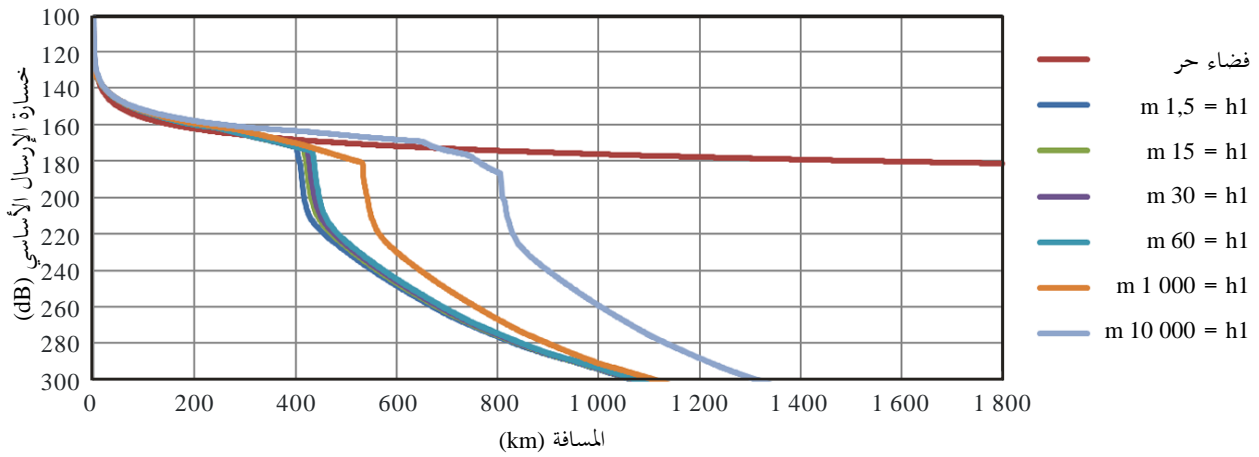


الشكل 3-8

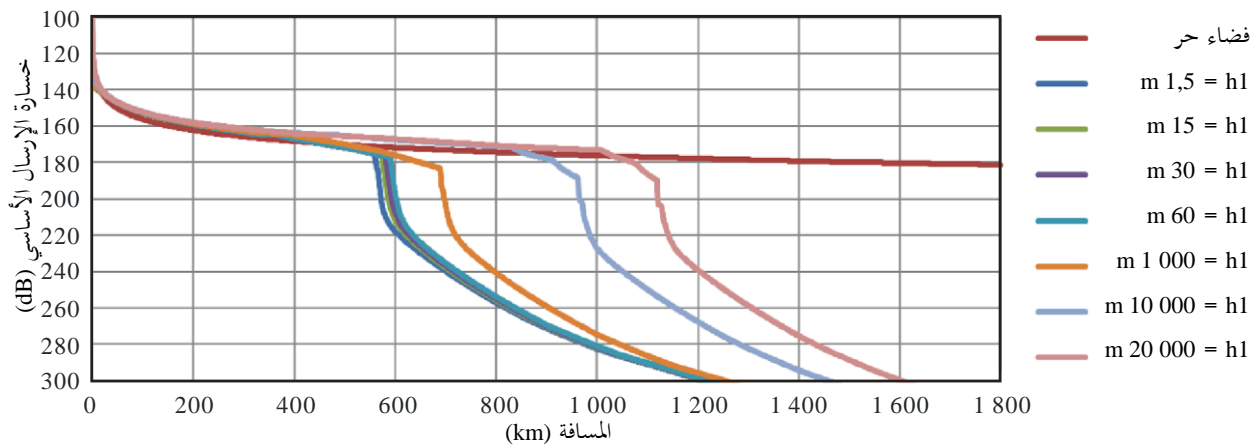
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 15 500 MHz من أجل 10% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



أ ($m 1 000 = h_2$)



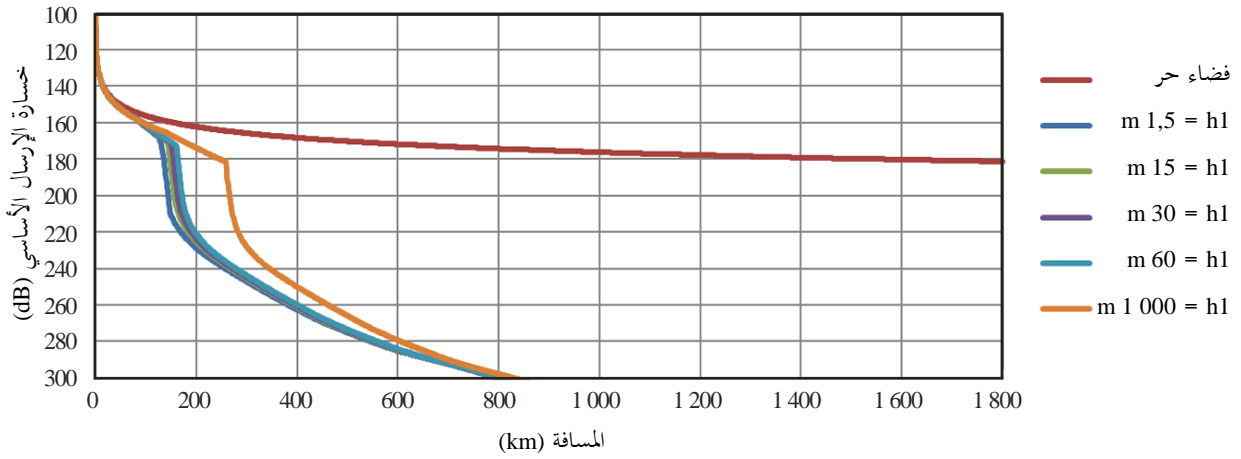
ب ($m 10 000 = h_2$)



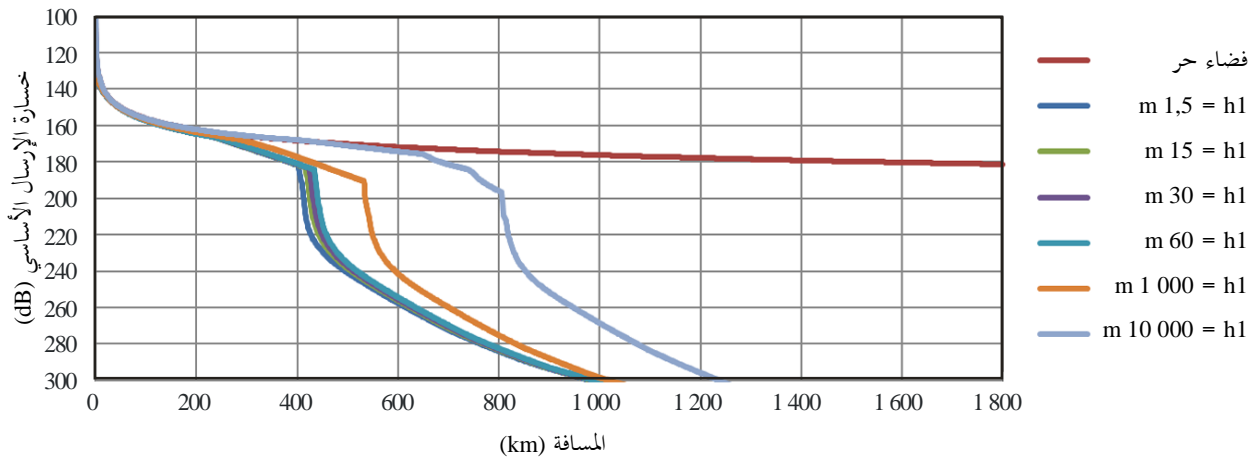
ج ($m 20 000 = h_2$)

الشكل 4-8

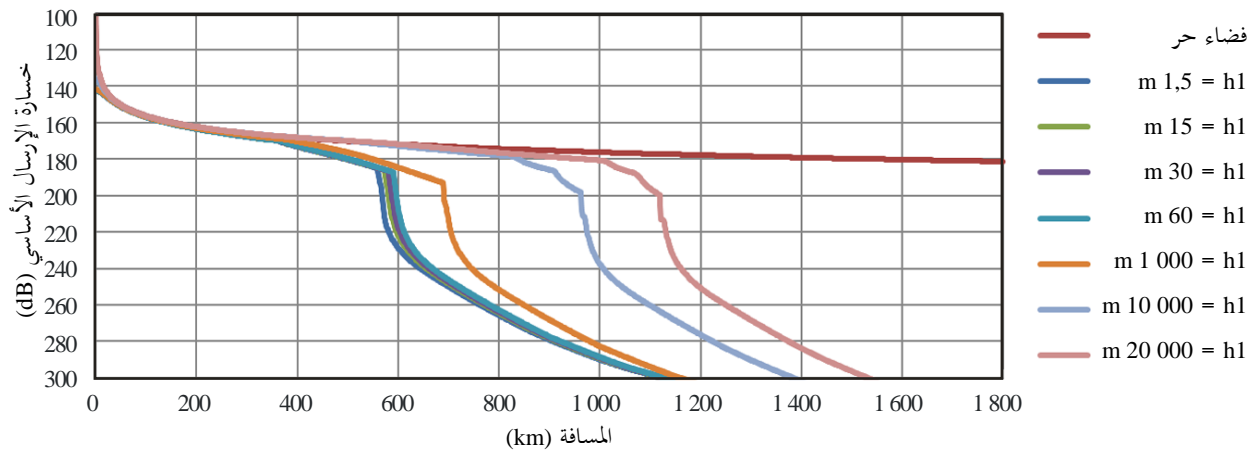
مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 15 500 MHz من أجل 50%
من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h1



أ (m 1 000 = h2)



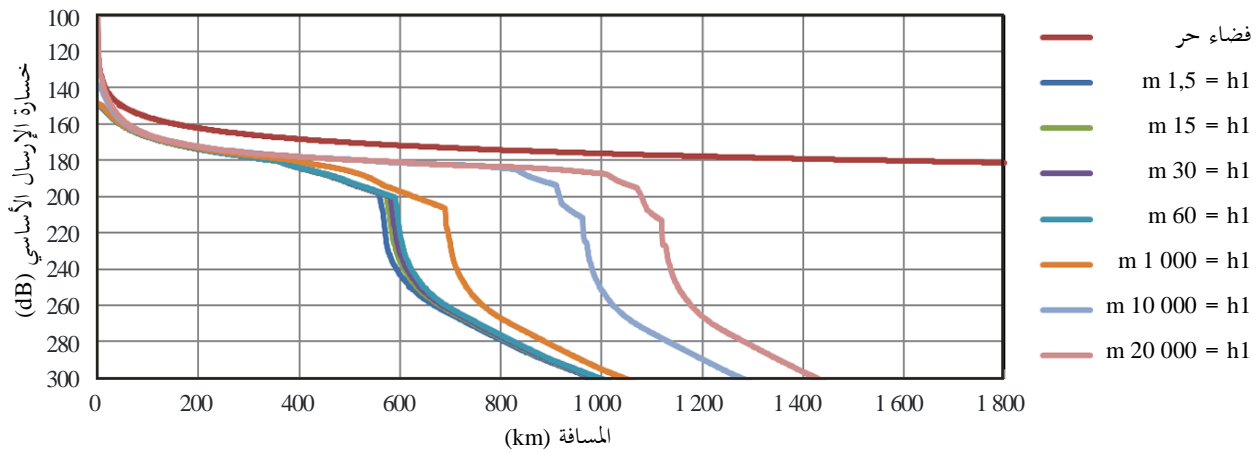
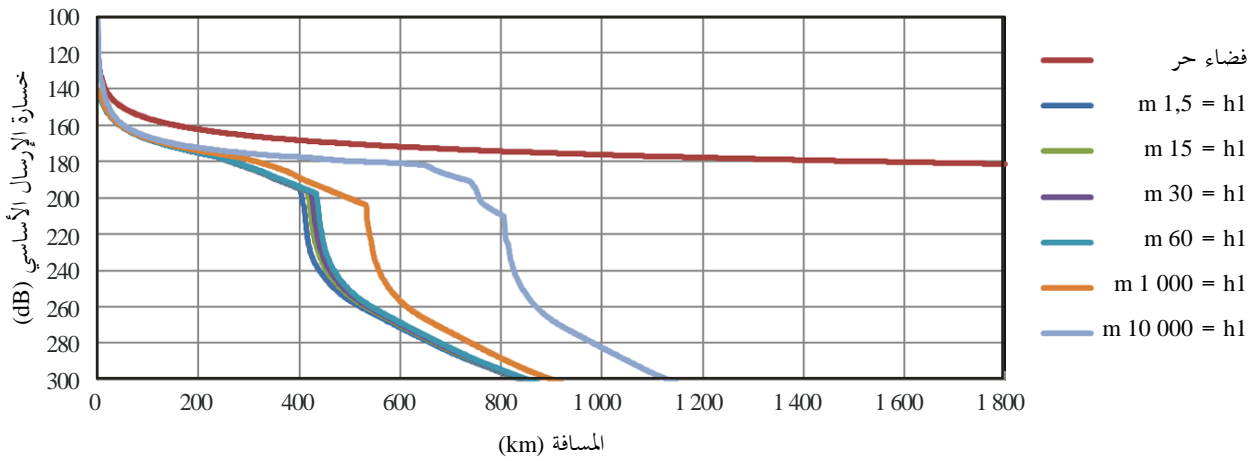
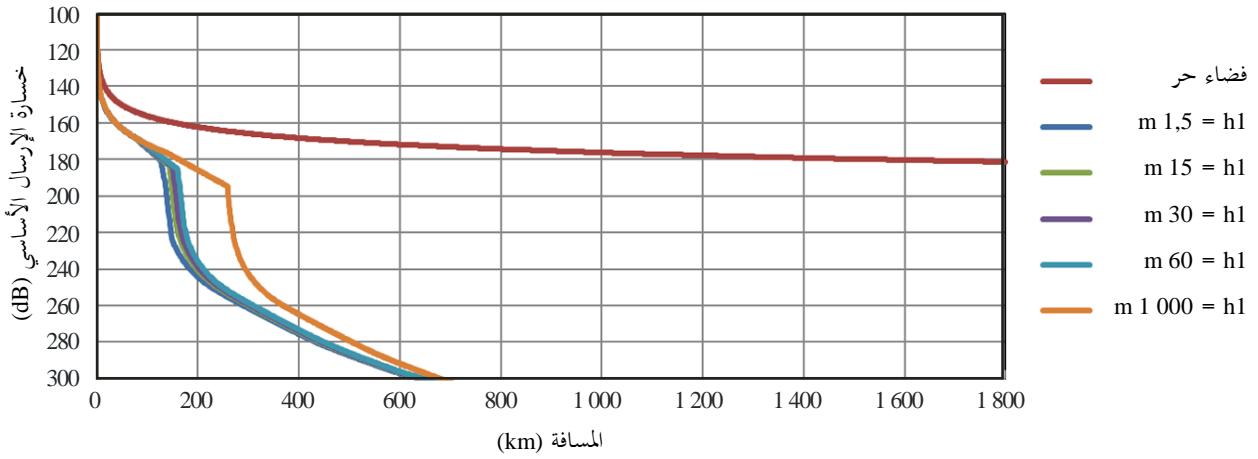
ب (m 10 000 = h2)



ج (m 20 000 = h2)

الشكل 5-8

مجموعات منحنيات خسارة الإرسال الأساسي عند التردد 15 500 MHz من أجل 95% من الوقت ومن أجل قيم ارتفاعات الهوائيات المستخدمة، h_1



الملحق 4

النتائج التجريبية

أجريت اختبارات انتشار عند التردد 930 MHz لمسيرات من الجو إلى الأرض في اليابان في نوفمبر 1982 وأبريل ويونيو 1983. وطبقاً لنتائج الاختبارات فإن خسارات الانتشار داخل مسيرات خط البصر اتفقت بصورة جيدة مع القيم في الفضاء الحر. وقد كانت مسافة خط البصر كما تم حسابها مع المعطيات المقيسة على ارتفاع 10 000 m، أقصر من المسافة المعتبرة في منحنيات الملحق 3.
