التوصيـــة ITU-R S.524-9

السويات القصوى المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور والمشعة من المحطات الأرضية في الشبكات ذات المدارات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض التابعة للخدمة الثابتة الساتلية والتي ترسل في نطاقات الترددات GHz 6 وGHz 13 وGHz 14 وGHz 30

(المسألتان ITU-R 70/4 وITU-R 259/4)

(2006-2003-2001-2000-1994-1992-1990-1986-1982-1978)

مجال التطبيق

تقدم هذه التوصية السويات القصوى لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور والتي يجب ألا تتجاوزها المحطات الأرضية المرتبطة بشبكات ساتلية مستقرة بالنسبة إلى الأرض تعمل في الخدمة الساتلية الثابتة وترسل في نطاقات الترددات GHz 6 وGHz 13 وGHz 14 وGHz 30. كما تتضمن التوصية عدداً من الملاحظات التي تقدم توجيهات إضافية بشأن تطبيق سويات كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن عدة شبكات بسواتل مستقرة بالنسبة إلى الأرض من الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) تعمل في نطاقات الترددات نفسها؛

ب) أن بعض الشبكات الساتلية غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض التابعة للخدمة الساتلية الثابتة ربما تعمل في نطاقات الترددات نفسها مثل بعض الشبكات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض طبقاً للوائح الراديو (RR)؛

ج) أن التداخلات فيما بين شبكات الخدمة الثابتة الساتلية تساهم في الضوضاء داخل هذه الشبكات؛

د) أن من الضروري حماية شبكة من الخدمة الثابتة الساتلية من التداخلات التي تسببها شبكات أخرى من هذه الخدمة؛

هـ) أن من الضروري تحديد السويات القصوى المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p المرسلة من المحطات الأرضية خارج المحور من أجل تشجيع التوافق بين الشبكات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض، وكذلك للحد كلما أمكن من قدرة التداخل من المحطات الأرضية للخدمة الساتلية الثابتة ذات المدارات المستقرة بالنسبة إلى الأرض على الوصلات الصاعدة للأنظمة ذات المدارات غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض؛

و) أن مساهمة التداخل من محطة أرضية لشبكة ساتلية مجاورة تجاه مستقبل محطة فضائية تكون دالة في كثافة القدرة .e.i.r.p للمحطة الأرضية خارج المحور؛

ز) أن استعمال هوائيات تقدم أفضل أداء خارج المحور سوف يسمح بالاستعمال الأكثر فعالية لطيف الترددات الراديوية ولمدارات السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO)؛

ح) أن سويات كثافة القدرة e.i.r.p. خارج المحور تتحدد من خلال كسب الفصوص الجانبية، وسوية قدرة خرج المرسل والتوزيع الطيفي لهذه القدرة،

إذ تلاحظ

أ) أن الملحق 1 والملحق 2 يصفان القاعدة التي استُنِد إليها للحصول على بعض السويات الواردة في هذه التوصية،

توصي

1 بأن تصمم شبكات الخدمة الثابتة الساتلية في مدارات مستقرة بالنسبة إلى الأرض وترسل في نطاق تردد MHz 7 075-5 725 بحيث لا تتجاوز الكثافة e.i.r.p. داخل زاوية من 3° مركزها في اتجاه مدار السواتل المستقرة (GSO) القيم التالية، وذلك عند كل زاوية φ تفوق أو تساوي 2,5° بالنسبة إلى محور الحزمة الرئيسية لهوائي المحطة الأرضية:

1.1 بالنسبة إلى غير إرسالات الأنظمة المدروسة في الفقرتين 2.1 و3.1 أدناه:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة e.i.r.p. لكل 4 kHz*
$2,5° \le \varphi < 48°$	$(35 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$48° \le \varphi \le 180°$	–7 dB(W/4 kHz)

2.1 بالنسبة إلى إرسالات أنظمة المهاتفة SCPC-FM المتحكم بها صوتياً:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة e.i.r.p. لكل 40 kHz*
$2,5° \le \varphi < 48°$	$(42 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48° \le \varphi \le 180°$	0 dB(W/40 kHz)

3.1 بالنسبة إلى إرسالات أنظمة المهاتفة SCPC-PSK المتحكم بها صوتياً:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة e.i.r.p. لكل 40 kHz*
$2,5° \le \varphi < 48°$	$(45 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48° \le \varphi \le 180°$	3 dB(W/40 kHz)

2 بألا تتجاوز الكثافة e.i.r.p. القيم التالية بالنسبة إلى الهوائيات الجديدة لمحطة أرضية ترسل في نطاق التردد MHz 7 075-5 725 وتم تركيبها بعد عام 1988، وتستخدم إرسالات غير تلك المدروسة في الفقرتين 2.1 و3.1:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة e.i.r.p. لكل 4 kHz*
$2,5° \le \varphi \le 7°$	$(32 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$7° < \varphi \le 9,2°$	11 dB(W/4 kHz)
$9,2° < \varphi \le 48°$	$(35 - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$48° < \varphi \le 180$	–7 dB(W/4 kHz)

3 بأن تصمم المحطات الأرضية العاملة في شبكات من الخدمة FSS ترسل في نطاقي التردد GHz 13,25-12,75 وGHz 14,5-13,75 بحيث لا تتجاوز كثافة القدرة e.i.r.p. داخل زاوية من 3° مركزها في اتجاه مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) القيم التالية وذلك عند أية زاوية، φ، تفوق أو تساوي 2,5° بالنسبة إلى محور الحزمة الرئيسي لهوائي محطة أرضية:

1.3 بالنسبة إلى غير إرسالات الأنظمة المدروسة في الفقرة توصي 2.3:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة e.i.r.p. لكل 40 kHz*
$2{,}5° \le \varphi \le 7°$	$(39 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$7° < \varphi \le 9{,}2°$	18 dB(W/40 kHz)
$9{,}2° < \varphi \le 48°$	$(42 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48° < \varphi \le 180°$	0 dB(W/40 kHz)

2.3 بالنسبة لإرسالات FM-TV بتشتت طاقة أو بدون، يجب ألا يتجاوز إجمالي كثافة القدرة e.i.r.p. خارج المحور للموجة الحاملة المرسلة FM-TV القيم التالية:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة e.i.r.p.*
$2{,}5° \le \varphi \le 7°$	$(53 - 25 \log \varphi)$ dB
$7° < \varphi \le 9{,}2°$	32 dB
$9{,}2° < \varphi \le 48°$	$(56 - 25 \log \varphi)$ dB
$48° < \varphi \le 180°$	14 dB

يجب تشكيل إرسالات FM-TV مع تشتت الطاقة أو بدون تشتت الطاقة في كل الأوقات بمادة برنامجية أو بنماذج اختبار مناسبة للحد من التداخل على الشبكات الأخرى. ويقدم شكل 1 بالملحق 1 مثالاً لتوزيع طيفي نموذجي لموجة حاملة FM-TV مشكلة بمادة برنامجية مع تشتت الطاقة. وفي حالة عدم تشكيل إرسالات FM-TV، يجب استخدام تشتت الطاقة بحيث لا يتم تجاوز السويات الواردة في الفقرة *توصي* 1.3 بأكثر من 3 dB؛

3.3 بالنسبة لاتجاهات عديدة في المنطقة التي تقع خارج زاوية قدرها 3° مركزها في اتجاه مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض، يمكن تجاوز السويات الواردة في الفقرتين *توصي* 1.3 و2.3 بما لا يزيد عن 3dB؛

4 بأن تصمم المحطات الأرضية العاملة في شبكات الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض والتي ترسل في نطاق التردد 30-27,5 GHz بحيث لا تتجاوز كثافة القدرة e.i.r.p. داخل زاوية من 3° مركزها في اتجاه مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض (GSO) القيم التالية وذلك عند أية زاوية، φ، تفوق أو تساوي 2° بالنسبة إلى محور الحزمة الرئيسي لهوائي محطة أرضية:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة e.i.r.p. لكل 40 kHz*
$2° \le \varphi \le 7°$	$(19 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$7° < \varphi \le 9{,}2°$	−2 dB(W/40 kHz)
$9{,}2° < \varphi \le 48°$	$(22 - 25 \log \varphi)$ dB(W/40 kHz)
$48° < \varphi \le 180°$	−10 dB(W/40 kHz)

ويمكن تجاوز هذه السويات بالنسبة لأي اتجاه في منطقة تقع خارج زاوية 3° مركزها في اتجاه مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض بما لا يزيد عن 3 dB.

وهناك دراسات تتم حالياً يمكن أن تؤدي إلى مراجعة هذه القيمة.

5 بأن تعتبر الملاحظات التالية جزءاً من هذه التوصية:

الملاحظة 1 – تنطبق القيم المذكورة في الفقرة 2.1 أعلاه على تشغيل عادي للمهاتفة في نطاق أساسي عرضه 4 kHz وترتكز على تحليل الضوضاء بقدرة متوسطة.

الملاحظة 2 – يمكن الحصول على استعمال أفضل للمدار وعلى سهولة أكبر في التنسيق كذلك، من خلال اختيار قيم للقدرة .e.i.r.p أكثر انخفاضاً في الفصوص الجانبية. وينبغي من ثم للإدارات أن تحاول الحصول على قيم أكثر انخفاضاً كلما أمكن ذلك (بأن يستخدم مثلاً هوائي ذو أداء نموذج محسن في مستوى المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض).

الملاحظة 3 – القيم الواردة في *توصي* من 1 إلى 4 هي القيم القصوى في ظروف السماء الصافية. وفي حالة الأنظمة التي تستعمل التحكم في القدرة للوصلة الصاعدة، فإن هذه القيم تتضمن هوامش إضافية فوق الحد الأدنى لسوية السماء الصافية اللازمة لتنفيذ التحكم في قدرة الوصلة الصاعدة. وفي حال استخدام التحكم في قدرة الوصلة الصاعدة وعندما يجعل الخبو الناجم عن المطر من هذا التحكم أمراً ضرورياً، فإنه يمكن تجاوز السويات الواردة في الفقرتين *توصي* 3 و4 في وقت هذه الفترة. وإذا لم يستعمل التحكم في القدرة للوصلة الصاعدة وعندما لا يتم الالتزام بسويات القدرة .e.i.r.p الواردة في الفقرتين *توصي* 3 و4 أعلاه، فإنه يمكن الاتفاق على قيم جديدة من خلال تنسيق ثنائي يراعي بعض المتطلبات الخاصة (مثل تأثيرات المطر والخبو) ومعلمات الشبكات الساتلية المشاركة.

الملاحظة 4 – من الممكن تحديد سويات كثافة القدرة .e.i.r.p لزوايا خارج المحور أقل من 2,5° (بالنسبة لنطاقات الترددات 6 GHz و13 GHz و14 GHz) وأقل من 2 (بالنسبة لنطاق التردد 30 GHz) من خلال اتفاقات تنسيق تراعي المعلمات الخاصة بالشبكتين الساتليتين المشاركتين.

الملاحظة 5 – لا تنطبق سويات كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور وخارج زاوية 3° من المدار الساتلي المستقر بالنسبة إلى الأرض على هوائيات محطة أرضية كانت مستعدة للدخول في الخدمة[1] قبل 2 يونيو 2000 ولا على المحطات الأرضية المرتبطة بشبكة ساتلية في الخدمة الساتلية الثابتة والتي تم تسلم تنسيق كامل أو معلومات إبلاغ بشأنها قبل 2 يونيو 2000.

وينبغي تصميم الوصلات الصاعدة لأنظمة الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض والتي تستخدم نطاقي التردد 13,25-12,75 GHz و14,5-13,75 GHz بحي تسمح بالتداخل من المحطات الأرضية لشبكات الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي تتجاوز سويات كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور الواردة في الفقرة *توصي* 3 بما لا يزيد عن 3 dB داخل زاوية 3° من المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض.

الملاحظة 6 – بالنسبة للأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض التي يتوقع أن تقوم فيها المحطات الأرضية بالإرسال المستمر والمتزامن في نفس النطاق 40 kHz، مثل الأنظمة المستقرة بالنسبة إلى الأرض المستخدمة لتعدد النفاذ بتقسيم الشفرة (CDMA)، فإنه يجب تقليل القيم القصوى لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور بمقدار $10 \log(N)$ dB حيث N هو عدد المحطات الأرضية الموجودة في حزمة الاستقبال الساتلية للساتل الذي تتصل به هذه المحطات الأرضية ويتوقع أن ترسل بشكل متزامن على نفس التردد.

الملاحظة 7 – ينبغي تصميم المحطات الأرضية العاملة في نطاق التردد 30-27,5 GHz بحيث لا يتجاوز 90% من قيم الذروة خاصتهم لسويات كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور السويات الواردة في الفقرة *توصي* 4. ويحتاج الأمر إلى مزيد من الدراسات لتحديد النطاق الزاوي خارج المحور الذي يسمح فوقه بهذا التجاوز، على أن يؤخذ في الاعتبار مستوى التداخل تجاه السواتل المجاورة. وينبغي التعامل مع المعالجة الإحصائية لقيم الذروة لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور باستخدام الطريقة الواردة في التوصية ITU-R S.732.

الملاحظة 8 – عند نطاق التردد 30-27,5 GHz، لا تنطبق سويات كثافة الطاقة .e.i.r.p خارج المحور الواردة في الفقرة *توصي* 4 على المحطات الأرضية المرتبطة بشبكات المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض والتي دخلت الخدمة قبل 2 يونيو 2000.

الملاحظة 9 – يحتاج تطبيق الفقرة *توصي* 4 على المحطات الأرضية العاملة مع شبكات المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض في نطاق التردد 30-27,5 GHz إلى مراعاة شبكات المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض حتى 1 يوليو 2003.

الملاحظة 10 – المحطات الأرضية في الخدمة الساتلية الثابتة العاملة في النطاق 30-27,5 GHz، والتي لها زوايا ارتفاع صغيرة مع المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض ستحتاج إلى سويات كثافة قدرة .e.i.r.p أكبر مقارنة بنفس المحطات المطرافية ذات زوايا الارتفاع الأكبر وذلك لتحقيق نفس كثافات تدفق القدرة (pfds) عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض وذلك للتأثير المجمع لزيادة المسافة والامتصاص الجوي. ويمكن للمحطات الأرضية ذات زوايا الارتفاع الصغيرة أن تتجاوز سويات الفقرة *توصي* 4 بالكميات التالية (انظر الملحق 2):

---

[1] يعود مصطلح "مستعدة للدخول في الخدمة" على الحالة التي تكون الهوائيات ركبت ولكن تم تأجيل بدء الدخول في الخدمة *لأسباب قاهرة*.

زاوية الارتفاع مع المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض (ε)	*الزيادة في كثافة القدرة .ei.r.p (dB)*
$\varepsilon \leq 5°$	2,5
$5° \leq \varepsilon \leq 30$	$3 - 0{,}1\ \varepsilon$

الملاحظة 11 – يمكن للموجات الحاملة المستخدمة في التحكم عن بُعد وفي قياس المسافة المرسلة إلى سواتل الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض تجاوز السويات الواردة في الفقرة *توصي* 3 في عمليات التحكم عن بعد سواء في الظروف العادية أو في حالات الطوارئ. والقدر الذي يمكن أن يتم به تجاوز هذه السويات هو 16 dB في ظروف التشغيل العادية. ويحتاج الأمر إلى مزيد من الدراسات بشأن المحطات الأرضية التي تتضمن تشغيل موجات حاملة للتحكم عن بعد ولقياس المسافة في النطاق GHz 30-27,5.

الملاحظة 12 – في نطاق التردد GHz 29-27,5، يمكن تجاوز سويات كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور الواردة بالفقرة *توصي* 4 للمحطات الأرضية التي يكون قطر الهوائي فيها أقل من 65 cm بمقدار غايته 3 dB، على ألا تتجاوز كثافة القدرة .e.i.r.p القصوى خارج المحور القيم التالية:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة .e.i.r.p لكل MHz 2*
$2° \leq \varphi \leq 7$	$(37 - 25 \log \varphi - 10 \log M)$ dB(W/2 MHz)
$7° < \varphi \leq 9{,}2$	$(16 - 10 \log M)$ dB(W/2 MHz)
$9{,}2° < \varphi \leq 48$	$(40 - 25 \log \varphi - 10 \log M)$ dB(W/2 MHz)
$48° < \varphi \leq 180$	$(7 - 10 \log M)$ dB(W/2 MHz)

حيث M هو عدد المحطات الأرضية الواقعة في حزمة استقبال الساتل المتصلة به هذه المحطات ويتوقع أن ترسل بشكل متزامن في نفس نطاق التردد MHz 2 وبنفس الاستقطاب. ويجب ملاحظة أنه في هذه الحالات يحتاج الأمر إلى خفض في كثافة القدرة .e.i.r.p أو فصل مداري إضافي من أجل الوصول عند نفس التداخل القادم من الساتل المجاور في الاتجاه من الأرض إلى الفضاء كنتيجة لقيم .e.i.r.p خارج المحور على النحو المحدد في الفقرة *توصي* 4.

الملاحظة 13 – من المزمع أن تفسر السويات الواردة في الفقرة *توصي* 4 المطبقة على زوايا خارج المحور تتراوح من 48° إلى 180° التأثيرات الانعراجية.

الملحق 1

1 المقدمة

يمكن أن تقام علاقة مباشرة بين التداخل الذي يسببه مرسل في المحطة الأرضية للمستقبلات الساتلية في شبكات أخرى من جهة، والكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p خارج المحور لهوائي المحطة الأرضية المسببة للتداخل من جهة أخرى ولا تتغير هذه العلاقة وفقاً لأداء الفصوص الجانبية لهوائي المحطة الأرضية فحسب، بل وفقاً لسوية قدرة المرسل وكثافتها الطيفية كذلك. وتتأثر هذه الأخيرة بالتصميم الإجمالي للنظام الساتلي.

ويمكن تعيين الحدود الموصى بها للكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p خارج المحور من وجهتي نظر مختلفتين:

- تحديد سوية التداخل الذي يتعرض له ساتل آخر مع مراعاة خاصة للتداخلات التي تتعرض لها شبكات تستعمل هوائيات كبيرة لمحطاتها الأرضية؛
- تحديد شروط القدرة .e.i.r.p خارج المحور للمحطات الأرضية، لا سيما تلك التي تستعمل هوائيات صغيرة نسبياً. ومراعاة الكسب الذي يتوقع أن توفره هذه الهوائيات على المحور وخارج المحور.

2 النظر في حدود لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور بالنسبة إلى النطاق GHz 6

لقد أدى تفحص وجهتي النظر أعلاه إلى الاستنتاج بأن الحدود الموصى بها ينبغي أن تأخذ الشكل التالي في الإرسال على الوصلة الصاعدة عند GHz 6 تقريباً.

وينبغي للقدرة .e.i.r.p لكل kHz 4 ضمن زاوية من 3° في اتجاه مدار الساتل المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) ألا تتجاوز القيم التالية عند أية زاوية، φ، تفوق أو تساوي 2,5° خارج محور الفص الرئيسي لهوائي محطة أرضية:

الزاوية خارج المحور	*أقصى قدرة .e.i.r.p لكل kHz 4*
$2,5° \leq \varphi < 25°$	$(E - 25 \log \varphi)$ dB(W/4 kHz)
$25° \leq \varphi \leq 180°$	$(E - 35)$ dB(W/4 kHz)

حيث ينبغي للقيمة E أن تبقى داخل المدى 32,0 إلى 38,5. ويجب أن تكون قيمة E أصغر قيمة ممكنة وأن تتغير من نطاق من الترددات إلى الآخر. ويستحسن بالنسبة إلى بعض التطبيقات للأنظمة الساتلية أن تعين حدود لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور من خلال استعمال قيمة E أكثر صرامة (32، على سبيل المثال) في المنطقة الزاوية القريبة ($\varphi \geq 7°$، مثلاً) ثم تليين هذه القيمة E لزوايا أكبر خارج المحور. وقد يفرض هذا النمط من الحدود المتدرجة تقييدات على الإشعاع خارج المحور في تلك المناطق الزاوية التي قد تكون فيها القيمة أكثر فعالية في تحديد التداخل الذي تتعرض له السواتل المجاورة.

وتجدر الإشارة، من جهة التداخل الذي يسمح به في شبكة ساتلية ذات هوائيات كبيرة للمحطات الأرضية، أن قيمة $E = 38,5$ قد تسمح بكثافة للقدرة .e.i.r.p بقيمة: 21,0 dB(W/4 kHz) تشع من محطة أرضية عند زاوية 5° خارج المحور.

أما من جهة الشروط المعقولة المحددة للمحطات الأرضية ذات الهوائيات الصغيرة، فيمكن اعتبار أربع حالات هي التالية:

الحالة 1: موجة حاملة FM عالية الكثافة – محطة كبيرة؛

الحالة 2: موجة حاملة FM-TV – محطة صغيرة (هوائي ساتلي عالمي)؛

الحالة 3: موجة حاملة FM-TV – وصلة صاعدة لساتل إذاعي؛

الحالة 4: قناة واحدة لكل موجة حاملة (SCPC) – نطاق ضيق.

وتوضع الفرضيات التالية:

- درجة حرارة ضوضاء الساتل ≥ 3 000 K؛
- كسب هوائي الساتل ≤ 16 dB؛
- هوائي للمحطة الأرضية مطابق للتوصية ITU-R S.465 الخاصة بالزوايا خارج المحور تحت 25°، لكن غلاف الفص الجانبي له سوية ثابتة قدرها –3 dBi فوق 25°؛
- 10 log (درجة حرارة ضوضاء المحطة الأرضية) ≤ 19.

(يبين الجدول 1 قيم أدنى كثافة للقدرة عند زاوية من 5° خارج المحور).

الجدول 1

أدنى كثافة للقدرة .e.i.r.p خارج المحور من أجل موجات حاملة نموذجية

	FDM-FM 1332 قناة عرض نطاق RF 36 MHz	FM-TV	FM-TV وصلة صاعدة لساتل إذاعي	SCPC عالمي
النسبة *G/T* للساتل ($dB(K^{-1})$)	7–	17–	0	17–
النسبة *C/T* على الوصلة الصاعدة (dB(W/K))	125–	137–	134–	154–
القدرة .e.i.r.p (dBW)	82	80	66	63
كسب إرسال هوائي المحطة الأرضية (dB)	60	53	46	53
القدرة RF عند دخل هوائي المحطة الأرضية (dBW)	22	27	20	10
كثافة القدرة الطيفية RF عند دخل هوائي المحطة الأرضية (dB(W/4kHz))	8–	0	4–	0
$E_{5°}$ (dB(W/4kHz))[1]	6,5	14,5	10,5	14,5

[1] الإشعاع عند زاوية 5° مع فرضية العلاقة: $25 \log \varphi - 32$.

ويكون أسوأ تداخل هو الذي يحدث في الحالة 2، حيث يقابل كسب 53 dB قطراً للهوائي بقيمة 10 أمتار. وتكون قدرة المرسل المطلوبة بقيمة 500 W تقريباً. أما كثافة القدرة الاسمية المرسلة، مع إضافة تمديد من 27 dB (2 MHz)، فقد تساوي 0 dB(W/4 kHz)، وهي القيمة الناتجة عن إشعاع خارج المحور بقيمة: 14,5 dB(W/4 kHz) عند زاوية من 5°.

بينما تدل الحالة 4 على قيمة مشابهة لإشعاعات كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور، يجب أن تؤخذ عوامل أخرى في الاعتبار. والموجات الحاملة SCPC بقناة واحدة لكل موجة حاملة هي موجات حاملة منخفضة السوية مع سوية إرسال اسمية للمحطة الأرضية بقيمة 63,5 dB (W/قناة). ولما كان تمديد الإشارة TV ذو معدل بطيء (25 أو 30 Hz)، يعتبر أن قدرة الموجة الحاملة الكلية هي تداخل منبض. وتكون النسبة *C/I* عند 5°، في هذه الحالة، بقيمة 22 dB على الوصلة الصاعدة و13 dB على الوصلة الهابطة. ولأن معيار التداخل غير موجود في هذه الحالات، فقد تم تبني نسبة *C/I* من 20 dB لبعض التحليلات الخاصة بهذا التداخل المنبض. واعترافاً بعدم الملاءمة الكبيرة لهذه الحالة، فيستنتج أن من غير المعقول التوصل إلى حماية مناسبة من خلال المباعدة بين السواتل أو من خلال تقييدات أكثر صرامة على القدرة .e.i.r.p طالما أن الوصلة الهابطة هي السائدة. وثمة حل يكمن في تحديد استعمال نمطي الإشارات على نحو يجعلهما متباعدين في التردد عندما تكون الخدمة FSS معنية على الوصلة الصاعدة والوصلة الهابطة كذلك. وأما الحل الثاني الذي قد يساهم في حل المشكلة المذكورة أعلاه مساهمة كبيرة فيكمن في طريقة مختلفة لتشتت طاقة الموجة الحاملة التلفزيونية بواسطة تحويل الإشارة الفيديوية.

ويبين مثالان من النظام الكندي TELESAT أن سوية من كثافة القدرة .e.i.r.p غير المطلوبة في المدى التقريبي 17-18 dB(W/4kHz)، وعند 6 GHz وزاوية من 5° خارج المحور، تصاحب إرسالات بقناة واحدة لكل موجة حاملة تصدر عن هوائي بقطر 4 إلى 5 أمتار، وإرسالات تلفزيونية تصدر عن هوائي بقطر من 10 أمتار.

وفيما يتعلق بالحالة 4، أجريت في اليابان دراسة حول كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور لكل نطاق عرضه 4 kHz من أجل الموجة الحاملة SCPC-PSK من النظام INTELSAT والموجات الحاملة SCPC-FM وSCPC-PSK من النظام MARISAT. واستناداً إلى نتائج الدراسات أعلاه، يمكن الاستنتاج أن أسوأ قيمة لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور لمحطة الإرسال الأرضية، هي، في حالة الإرسالات فيما بين محطات أرضية من المعيار B في النظام INTELSAT أعلى من $25 \log \varphi - 35$ (dB(W/4 kHz)) بمقدار 6 dB.

وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأرقام ليست إلا مثالاً للأنظمة القائمة. وينبغي، في كل الحالات، ألا تفصَّل أية توصية وفقاً لنظام محدد قائم بل يجب على عكس ذلك أن تصمم الأنظمة المستقبلية على نحو تحترم فيه أحكام التوصية في شكلها النهائي.

واستناداً إلى ما سبق، يستنتج أن من الممكن حماية استعمال مدار الساتل GSO عند 6 GHz تقريباً، حتى ولو استخدمت في المحطات الأرضية هوائيات بقطر من 4 إلى 5 أمتار، على أن تطبق التوجيهات التالية:

- يجب الاهتمام، في تخطيط الترددات، إلى ضمان ألا تستعمل الإرسالات التلفزيونية في شبكة معينة الترددات نفسها التي تستعملها إرسالات المهاتفة بقناة واحدة لكل موجة حاملة في شبكة تستخدم ساتلاً مجاوراً؛
- ويجب، في كل الحالات الأخرى، أن تطابق المحطات الأرضية حدود الكثافة الطيفية للقدرة e.i.r.p. خارج المحور في اتجاه المدار GSO المشار إليه في الفقرة الثانية من هذا الجزء، على أن تتراوح قيمة E في المدى 32,0 إلى 38,5.

3 النظر في حدود كثافة القدرة e.i.r.p. خارج المحور بالنسبة إلى النطاق 10-15 GHz

عندما ينظر في حدود كثافة القدرة e.i.r.p. خارج المحور، من الطبيعي الافتراض بأن هوائي استقبال الساتل لن يوفر عادة تغطية زاوية عريضة، ومن الممكن، على هذا الأساس، أن تستعمل قدرة e.i.r.p. أدنى للمحطة الأرضية ومن ثم سويات من الإشعاع خارج المحور أدنى من السويات المستعملة في نطاقات أدنى من الترددات. إلا أن هذا الاحتمال قد يتأثر بكون الخبو بسبب المطر أقوى.

1.3 طريقة حساب E

يعبر، عموماً، عن التداخل، I، الذي تسببه محطة إرسال أرضية لمحطة فضائية معرضة للتداخل تنحرف عن الإرسال المتوقع بزاوية φ من الدرجات، من خلال العبارة التالية:

$$I = E - 25 \log \varphi - L_{FS} - L_{CA} - L_R + G_s \quad (1)$$

حيث:

E: القيمة الثابتة التي يجب تحديدها في معادلة حدية تتعلق بعرض نطاق مرجعي
L_{FS}: الخسارة في الفضاء الحر عند تردد الإرسال
L_{CA}: التوهين في جو صافٍ
L_R: التوهين العائد إلى المطر (في أسوأ الحالات، $L_R = 0$، في ظروف الجو الصافي)
G_s: كسب الهوائي للساتل المعرض للتداخل في اتجاه المحطة الأرضية المعرضة للتداخل.

ويمكن تحديد أنه ينبغي لكل تداخل، I، من مصدر واحد على الوصلة الصاعدة أن يساوي كسراً من الضوضاء الحرارية على المسير الصاعد للمحطة الفضائية المعرضة للتداخل. وفي هذه الحالة:

$$I = 10 \log (kTB) - \Delta \quad (2)$$

حيث:

Δ: نسبة قدرة الضوضاء الحرارية إلى قدرة التداخل
T: درجة حرارة الضوضاء عند دخل مستقبل الساتل
B: عرض النطاق المعني
k: ثابتة بولتزمان (Boltzmann).

وبهذا نحصل، في أسوأ الحالات عندما تكون $L_R = 0$ على ما يلي:

$$E - 25 \log \varphi = 10 \log kB + L_{FS} + L_{CA} - (G/T)_s - \Delta \quad (3)$$

حيث $(G/T)_s$: رقم جدارة الساتل ($dB(K^{-1})$).

وإذا كانت الخسارة في الفضاء الحر بقيمة 207 dB (14 GHz) والتوهين في الجو الصافي بقيمة 0,5 dB، يحصل على العبارة المبسطة التالية:

$$E - 25 \log \varphi = -21{,}1 - (G/T)_s + B - \Delta$$

وبهذا، يمكن، من أجل معلمات معينة φ، $(G/T)_s$ وB وΔ تحديد المعلمة E التي تعرف كثافة القدرة .e.i.r.p المسموح بها من محطة أرضية عند زاوية $\varphi°$ خارج المحور.

إلا أن هناك عوامل أخرى يجب أن تؤخذ أيضاً في الاعتبار عند اختيار تحديد خارج المحور للقدرة .e.i.r.p لإرسالات صادرة عن محطات أرضية للإرسال في النطاقات من 10 إلى 15 GHz. وأحد هذه العوامل هو الحاجة للنظر في هوامش للمطر في موازنات القدرة .e.i.r.p للمحطات الأرضية عند هذه الترددات؛ أما العامل الآخر فهو إمكانية أن يؤثر حصر قيم الكثافة .e.i.r.p خارج المحور ضمن حدود معينة، في قطر هوائي المحطة الأرضية تأثيراً واضحاً. ويعرض الجدول 2 أ) مثالاً لتغير قطر الهوائي وفقاً لقيمة E بالنسبة إلى ثلاثة هوامش مختلفة للمطر على الوصلة الصاعدة.

الجدول 2 أ)

أقطار هوائيات المحطات الأرضية المطلوبة في أسلوب مفترض من التشغيل التلفزيوني من أجل الاستجابة لقيم محددة من الكثافة .e.i.r.p خارج المحور

E	**قطر الهوائي (m)**		
(dB(W/40 kHz))	**هامش المطر dB 0**	**هامش المطر dB 3**	**هامش المطر dB 6**
33	12	17	24
36	8	12	17
39	6	8	12
42	4	6	8

الفرضيات المطروحة لبناء الجدول 2 أ):

- موجة حاملة TV مع تشكيل من ذروة إلى ذروة عند 2 MHz بتشتت الطاقة، فقط؛
- عرض نطاق مرجعي من أجل E = 40 kHz؛
- كسب الفصوص الجانبية للمحطة الأرضية تعطيه العبارة: $29 - 25 \log \varphi$ (dBi)؛
- فعالية هوائي المحطة الأرضية = 57 إلى 65%؛
- تشغيل عند 14 GHz؛
- النسبة C/T في الجو الصافي المطلوبة عند دخل الساتل = –127 ($dBW(K^{-1})$)؛
- النسبة G/T للساتل = –3 ($dB(K^{-1})$).

ويقدم الجدول 2 ب) مثالاً لتأثير الحاجة إلى أن تؤخذ في الاعتبار الحالات غير المؤاتية للانتشار، في المعلمة E، وداخل منطقة من الهواطل القوية (البرازيل).

الجدول 2 ب)

أمثلة من زيادة كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور من أجل أنظمة مصممة لمواجهة خبو كبير في الانتشار

الموجة الحاملة	*E* (dB(W/40 kHz))			
	نموذج الجو الصافي		نموذج الخبو العميق	
	$29 = A$	$32 = A$	$29 = A$	$32 = A$
FM-TV	34	37	47	50

حيث الكسب في الفصوص الجانبية للمحطة الأرضية يساوي $A - 25 \log \varphi$ (dBi).

الفرضيات المطروحة لبناء الجدول 2 ب):

- موجة حاملة TV مع تشكيل من ذروة إلى ذروة عند 2 MHz بتشتت الطاقة فقط؛
- زاوية ارتفاع المحطة الأرضية = 60°؛
- التيسر على الوصلة الصاعدة أفضل من 99,9%؛
- تشغيل عند 14 GHz؛

2.3 عوامل تؤثر في القيمة *E*

إضافة إلى هامش المطر المدرج في تصميم الوصلة الصاعدة المسببة للتداخل. هناك عدد من المتغيرات التي تؤثر في القيمة *E*، بالنسبة إلى الخدمات الساتلية:

أ) *نمط الموجة الحاملة "المسببة للتداخل"*

نظراً إلى أن الكثافة الطيفية للقدرة، ومن ثم إمكانات التداخل الكامن في مرسلات–مستجيبات تضخِّم الموجات الحاملة المتعددة FM، لا تتغير كثيراً فيما بين الموجات الحاملة ذات السعات المختلفة، يمكن حصر الاهتمام في الحالات التي يحمل فيها المرسل–المستجيب الإشارات التالية:

- موجات حاملة FDM-FM متعددة؛
- موجات حاملة FDM-FM متعددة "عالية الكثافة"؛
- موجة حاملة واحدة FDM-FM؛
- موجة حاملة واحدة PCM-PSK-TDMA؛
- موجات حاملة متعددة SCPC-PCM-PSK؛
- موجة حاملة واحدة FM-TV مع موجة حاملة بتشتت الطاقة عند 2 MHz؛
- موجات حاملة متعددة SCPC-FM.

وتتحدد الكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p المطلوبة على الوصلة الصاعدة لكل موجة حاملة وفقاً لكونها تستقبل في مطاريف ذات هوائيات كبيرة أو صغيرة.

ب) *موجة حاملة من النمط "المعرض للتداخل"*

ينبغي النظر في سلسلة من الحالات المشابهة للحالات المذكورة في الفقرة أ) أعلاه.

ج) *هدف التداخل*

لقد بحثت دراسات قطاع الاتصالات الراديوية في إمكانية زيادة هوامش التداخل المسموح بها بهدف تخفيض المباعدة بين السواتل.

د) *المباعدة بين السواتل*

لقد تثبتت، في مدى الترددات بين 10 و15 GHz، مباعدات من 3° للسواتل ذات التغطية الواحدة لكن الطلب المتزايد على الخدمة قد دفع إلى اعتبار مباعدات من درجتين (2°) في بعض المواقع.

هـ) *منطقة التغطية لساتل "معرض للتداخل"*

يجب النظر في قيم للنسبة G/T في الساتل مقابلة لتغطيات إقليمية ومحلية.

و) *خاصية الكسب في الفصوص الجانبية لمحطة أرضية "مسببة للتداخل"*

نظراً إلى التشغيل الحالي لتصميمات محسنة لهوائيات المحطات الأرضية، يتوقع أن تنخفض الإرسالات خارج المحور.

ز) *هامش المطر المدرج في تصميم الوصلة الصاعدة "المعرضة للتداخل"*

تتضمن الدراسة الكاملة لكل هذه العوامل آلاف التركيبات يقابلها مدى عريض من القيم E.

وعندما استخلصت هذه القائمة، افترض أن قيم قطر هوائي المحطة الأرضية وقدرة المرسل اللازمة قد اختيرت للاستجابة للقدرة "المطلوبة" e.i.r.p. ولحدود القدرة e.i.r.p. خارج المحور في آن واحد. وقد تحدث حالات يكون فيها هذا الاختيار غير ممكن عملياً كما هو الحال عندما تستعمل، مثلاً، محطات أرضية صغيرة تُنقل وتستعمل لتوفير وصلات صاعدة للتلفزيون قصيرة المدة انطلاقاً من مواقع مختلفة في منطقة تغطية الساتل.

ويعرض الجدول 3 مثالاً للعلاقة المتبادلة بين المعلمة E والعوامل ج) إلى هـ) ضمناً. ويفترض أن الموجات الحاملة المسببة للتداخل والموجات الحاملة المعرضة للتداخل والتي تتشكل بالإشارات التلفزيونية هي متطابقة. وقد اختيرت توليفات من أحجام هوائيات المحطات الأرضية وقدرة المرسل من أجل توفير القدرة e.i.r.p. اللازمة للموجات الحاملة المطلوبة مع الاستجابة تماماً لأهداف التداخل على المسير الصاعد.

وتجدر الإشارة إلى أن هذا المثال يفترض نظامين ساتليين متطابقين. وقد تنتج تغيرات أوسع في المعلمة E وفي معلمات المحطات الأرضية عن إدراج الحالات التي تختلف فيها قيم النسب G/T لسواتل النظامين المسبب للتداخل والمعرض للتداخل.

الجدول 3

القيم المثلى للمعلمة E والمعلمات المقابلة للتداخلات التي تسببها موجات حاملة FM-TV لموجات حاملة FM-TV

النسبة G/T للساتل ($dB(K^{-1})$)		-3				-5			
المباعدة بين السواتل (درجات)		2		3		2		3	
هدف التداخل (النسبة المئوية للضوضاء الحرارية على المسير الصاعد)		20	50	20	50	20	50	20	50
الكسب في الفصوص الجانبية للمحطة الأرضية $32 - 25 \log \varphi$	قطر الهوائي (m)	10,7	6,8	6,4	4,1	26,9	17,1	16,2	10,3
	قدرة المرسل (W)	139	342	382	951	3,5	8,6	9,6	23,9

القيم المثلى للمعلمة *E* والمعلمات المقابلة للتداخلات التي تسببها موجات حاملة FM-TV لموجات حاملة FM-TV

الكسب في الفصوص الجانبية للمحطة الأرضية $29 - 25 \log \varphi$	قطر الهوائي (m)	7,6	4,8	4,6	[1]2,9	19,0	12,1	11,5	7,3
	قدرة المرسل (W)	287	685	764	[1]1 903	7,0	17,2	19,2	47,8
الكسب في الفصوص الجانبية للمحطة الأرضية $26 - 25 \log \varphi$	قطر الهوائي (m)	5,3	3,4	[1]3,2	[1]2,0	13,4	8,5	8,1	5,1
	قدرة المرسل (W)	557	1 385	[1]1 517	[1]3 794	14,0	34,8	38,1	95,3
المعلمة E للقدرة e.i.r.p. خارج المحور (dB(W/40 kHz))		28,4	32,4	32,8	36,8	20,4	24,4	24,8	28,8

[1] من المحتمل أن تختار، في هذه الحالات، هوائيات أكبر وقدرات أدنى للمرسل في التطبيق العملي، ويبقى التداخل، في هذه الظروف، ضمن الحدود المعيَّنة.

الفرضيات المطروحة في استنتاج الجدول 3:

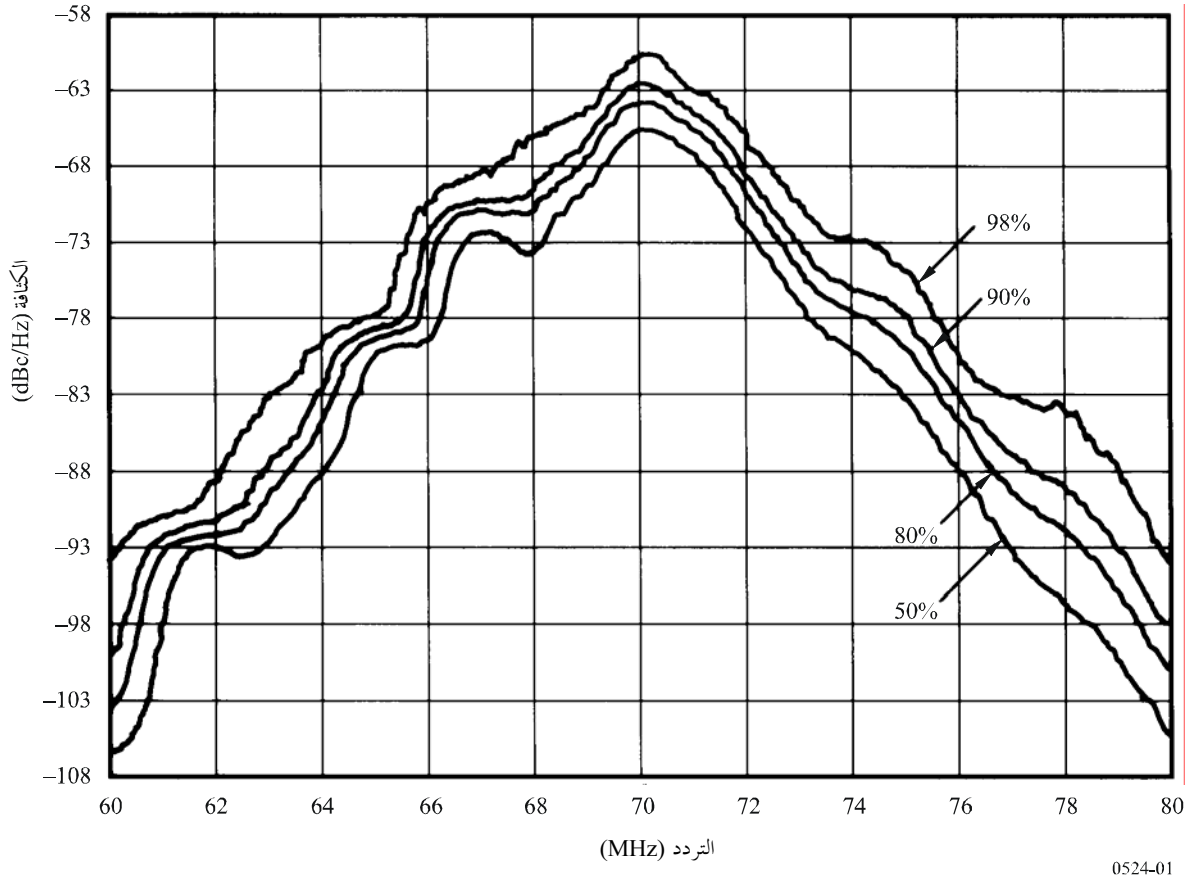
- محطات أرضية "مسببة للتداخل" و"معرضة للتداخل" عند زاوية ارتفاع من °15؛
- تشغيل عند GHz 14؛
- كسب هوائي الساتل نفسه في المسيرين الصاعدين "المسبب للتداخل" و"المعرض للتداخل"؛
- فعالية هوائي المحطة الأرضية = 65%؛
- توهين بسبب المطر بقيمة dB 3 على المسير الصاعد "المعرض للتداخل" فقط؛
- النسبة *C/T* على المسير الصاعد للموجة الحاملة التلفزيونية "المعرضة للتداخل" = –130 ($dBW(K^{-1})$)؛
- التشكيل بإشارة تشتت الطاقة فقط، انحراف من ذروة إلى ذروة بقيمة MHz 2.

3.3 توزيع طيفي لموجة حاملة FM-TV مشكلة

لقد قيست الخصائص الطيفية لموجة حاملة TV NTSC عند MHz 20 من أجل دراسة تأثيرات التداخل في الموجات الحاملة ضيقة النطاق والتي تسببها موجات حاملة FM-TV مشكلة بمواد من البرنامج وبتشتت الطاقة كذلك. ويبين الشكل 1 توزيع الكثافة الطيفية للموجة الحاملة TV المشكلة بإشارة فيديوية مباشرة إضافة إلى تشتت للطاقة يسبب انحرافاً من ذروة إلى ذروة بقيمة MHz 1 ولا يتم تجاوزه أثناء نسب مئوية مختلفة من الوقت.

الشكل 1

التوزيع الطيفي لموجة حاملة FM-TV عند MHz 20 مشكلة بإشارة فيديوية مباشرة NTSC
إضافة إلى تشتت للطاقة بقيمة MHz 1



4 النظر في حدود كثافة القدرة .e.i.r.p بالنسبة للنطاق GHz 30-29,5 (انظر الملاحظة 1)

1.4 شواهد تدعم الفقرة *توصي* 4

كان يوجد وقت كتابة التوصية مصدران للبيانات في وثائق قطع الاتصالات الراديوية بشأن الموجات الحاملة للخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض المستخدم للنطاق GHz 30-29,5 أو تخطط لاستخدامه؛ الأول التوصية ITU-R S.1328 والثاني قاعدة بيانات جمعت من ردود الإدارات على الرسالتين المعممتين CR/92 وCR/116 (انظر الملاحظة 2) اللتين صدرتا في 1998 و1999 على التوالي خلال التحضير للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية لعام 2000 (وللتيسير سيشار إليها فيما بعد بقاعدة بيانات CR/116).

وتتضمن التوصية ITU-R S.1328 معلومات كافية بالنسبة لمعظم الموجات الحاملة في الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض للتمكين من حساب الكثافة الطيفية .e.i.r.p خارج المحور المرسلة بواسطة محطة أرضية عبارة عن وصلة صاعدة، وذلك إذا تم وضع فرضيات واقعية بالنسبة لمجسم إشعاع هوائي المحطة الأرضية (مثل التوصية ITU-R S.580) لعدد قليل من الموجات الحاملة التي تفتقد إلى هذه المجسمات. كما توجد بيانات كافية لكي يحسب لكل موجة حاملة الانحطاط في ظروف الجو الصافي ↑(C/N) بسبب محطة أرضية قريبة من مركز حزمة الساتل "المطلوب" ولكنها تعمل لساتل مجاور وكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور لهذا الساتل تساوي الحدود الواردة في الفقرة *توصي* 4 من هذه الوثيقة، مع وضع فرضيات معقولة حسب الضرورة للضوضاء الحرارية للوصلة الصاعدة والتداخل الداخلي. ولأغراض الحالة التي نحن بصددها، تم افتراض أن

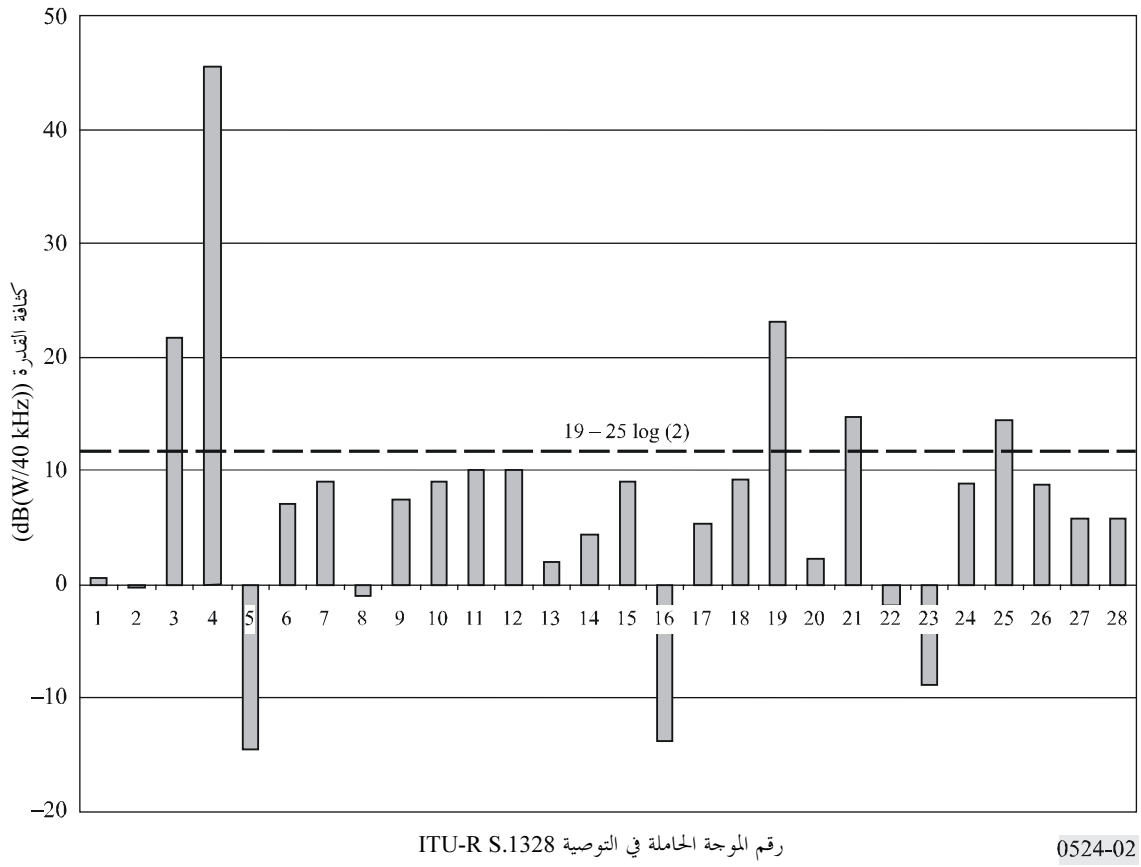
درجة حرارة الضوضاء الحرارية للوصلة الصاعدة تساوي 800 K والنسبة موجة حاملة إلى تداخل داخلي للوصلة الصاعدة تساوي 20 dB نظراً لافتقار التوصية ITU-R S.1328 لبيانات تكفي لاستنتاج واحدة من هذه المعلمات.

وتعتبر المعلومات الموجودة بقاعدة بيانات CR/116 بشأن جميع الوصلات المصممة لاستخدام النطاق 29,5-30 GHz كافية إلى حد كبير لحساب الانحطاط في الوصلة الصاعدة. بيد أنه قد لا يمكن حساب كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور والتي تشع من محطة إرسال أرضية لأي من الوصلات الواردة بقاعدة بيانات CR/116 وذلك لأنه باستثناء كثافة القدرة .e.i.r.p على المحور ومقدار الخطأ في التوجيه، لا توجد معلمات أخرى لهذه المحطة الأرضية (مثل قيمة الذروة لكسب الهوائي ومجسم الفص الجانبي) في قاعدة البيانات.

ويرد بالشكل 2 الكثافة الطيفية للقدرة .e.i.r.p التي تشع من محطة إرسال أرضية بالنسبة لكل الموجات الحاملة في النطاق 29,5-30 GHz عند زاوية 2° والواردة في التوصية ITU-R S.1328. ويرد بالشكل 3 الانحطاط في ظروف الجو الصافي الكاملة ↑ (C/N) لجميع الموجات الحاملة الواردة بالتوصية ITU-R S.1328 والناجم عن تداخل من محطة أرضية قريبة من مركز حزمة الساتل المطلوب تقوم بالإرسال إلى ساتل آخر بتباعد قدره 2° و3° على التوالي من الساتل المطلوب في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض عند سويات مقابلة للحدود الواردة في الفقرة توصي 4. وتقابل الأرقام التي تشير إلى الموجات الحاملة في الجدول 4 الأرقام الآتية بالتوصية ITU-R S.1328:

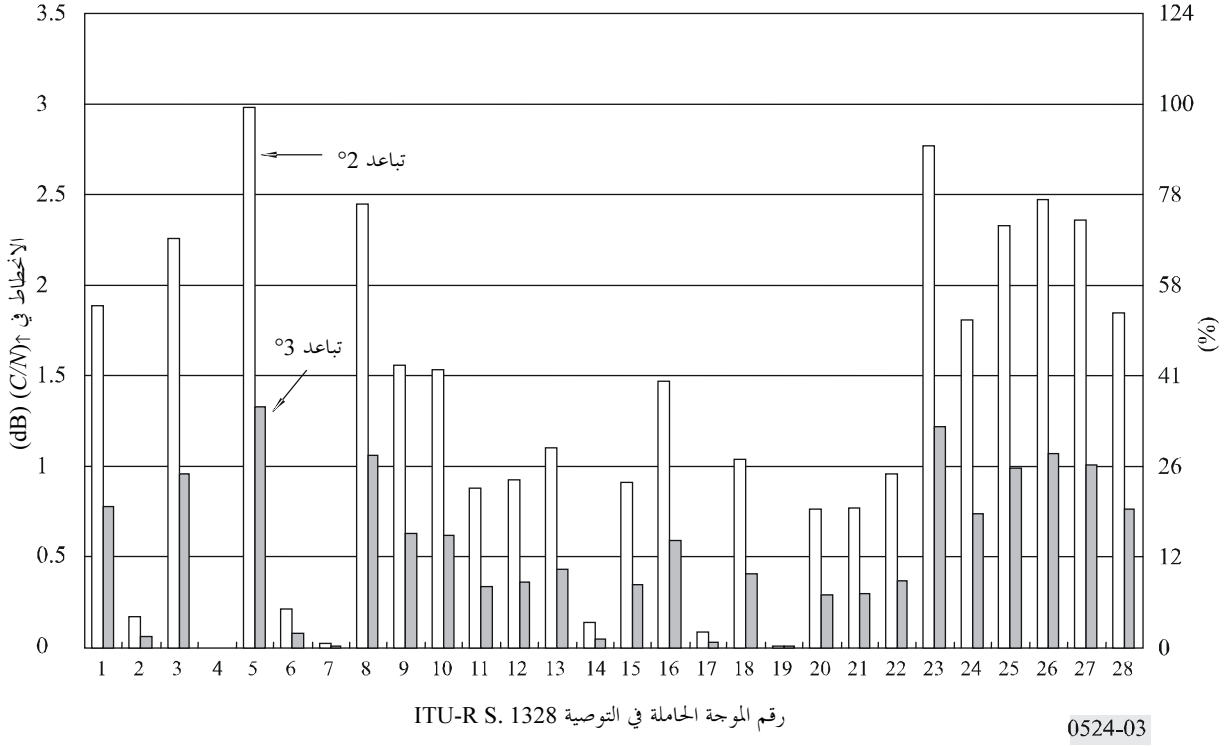
الشكل 2

كثافة القدرة e.i.r.p الصادرة عن الموجات الحاملة في النطاق GHz30-29,5 عند زاوية 2° خارج المحور والواردة في التوصية ITU-R



الشكل 3

الحد الأقصى للانحطاط ↑(C/N) للموجات الحاملة في النطاق GHz 30-29,5 الواردة في التوصية ITU-R S.1328 والناجمة عن تداخل من مصدر وحيد عند حد معين لسوية القدرة e.i.r.p. خارج المحور



الجدول 4

رقم الموجة الحاملة GSO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
جدول التوصية ITU-R S.1328	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4
نظام التوصية ITU-R S.1328	13 min	13 max	20	30	F	11	12	13	B	J

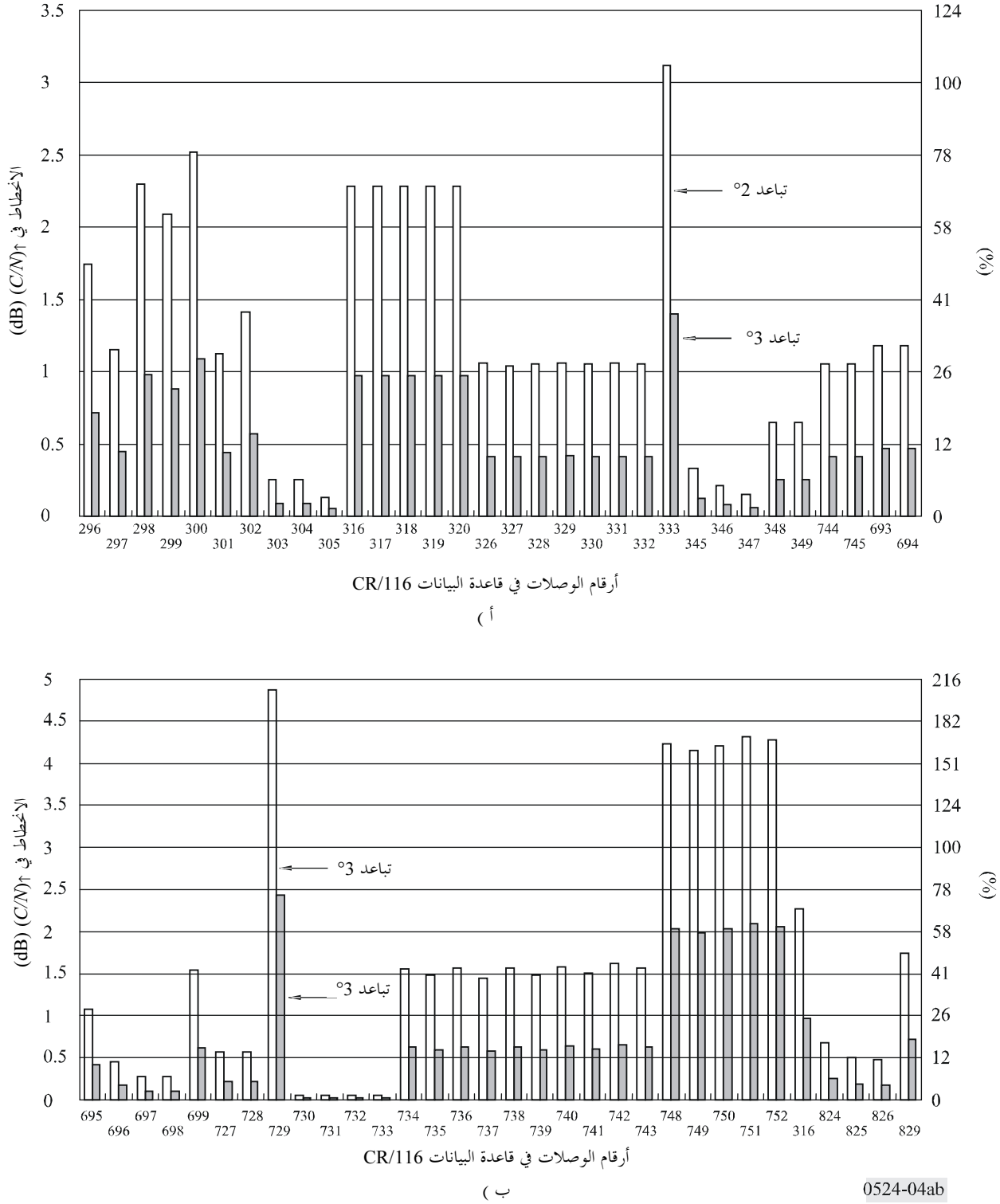
رقم الموجة الحاملة GSO	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
جدول التوصية ITU-R S.1328	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
نظام التوصية ITU-R S.1328	K	L	M	N	S	T	U	V	W	X (max)

رقم الموجة الحاملة GSO	21	22	23	24	25	26	27	28
جدول التوصية ITU-R S.1328	4	5	5	5	6	6	6	6
نظام التوصية ITU-R S.1328	X (min)	P Ka-1	P Ka-2	P Ka-3	Q Res. min	Q Res. max	Q Bus. min	Q Bus. max

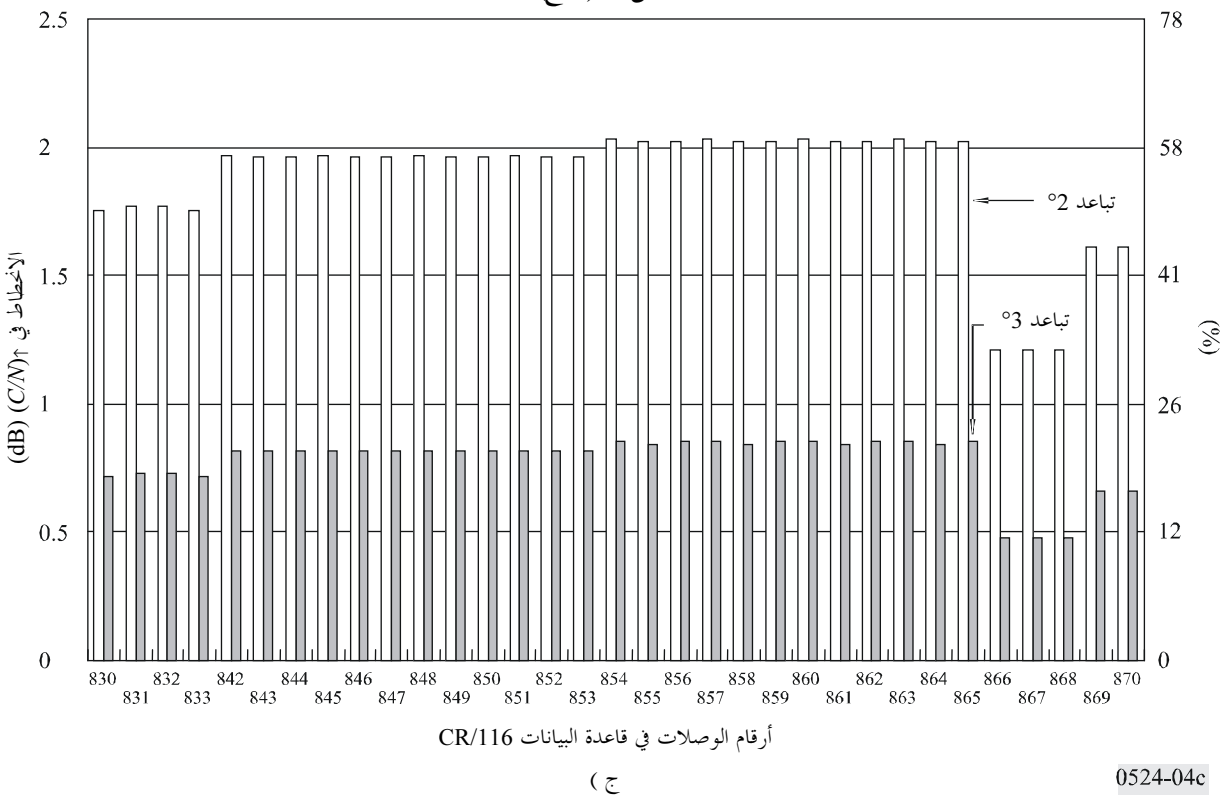
ويرد في الشكل 4 الانحطاط في ظروف الجو الصافي في النسبة الكلية ↑(*C/N*) لكل وصلة من وصلات CR/116 في النطاق GHz 30-29,5 والذي ينتج عن التداخل من محطة أرضية قريبة من مركز حزمة الساتل المرغوب، والتي ترسل إلى ساتل آخر يتباعد عن الساتل المرغوب بتباعد قدره 2° و3° على التوالي في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض بسويات تقابل الحدود الواردة في *توصي* 4. وأرقام الوصلات المعروضة هي الأرقام الموجودة في قاعدة البيانات.

الشكل 4

الحد الأقصى للانحطاط في ↑(*C/N*) لوصلات قاعدة البيانات CR/116 العاملة في النطاق GHz 30-29.5 والنتائج عن تداخلات من مصدر وحيد عند



الشكل 4 (*تابع*)



تحدد الفقرة *توصي* 4 حداً لكثافة القدرة e.i.r.p عند زاوية قدرها 2° خارج المحور قيمته 11,47 dB(W/40 kHz). ومن بين 28 موجة حاملة بالشكل 2 يمكن ملاحظة أن 23 منها أي 82% تفي بهذا الحد، وحيث إنه لا يوجد مجسمات إشعاع هوائي مرجعية مدرجة في التوصية ITU-R S.1328 بالنسبة للموجات الحاملة 30 GHz غير تلك المعرفة في التوصية ITU-R S.465 أو التوصية ITU-R S.580، وكلاهما تتبعان قوانين (φ) 25 log بالنسبة للفصوص الجانبية القريبة، ويشير ذلك إلى أنه في النطاق 29,5-30 GHz، معظم المحطات الأرضية في المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض القائمة والمخططة تفي على الأرجح بالفقرة *توصي* 4. وبالتالي يمكن استخلاص أن الحدود الواردة في الفقرة *توصي* 4 ليست قيوداً غير معقولة بالنسبة لتطورات الخدمة الساتلية الثابتة في هذا النطاق.

ويمكن من الشكل 3 ملاحظة أن تداخلاً في حدود ما ورد بالفقرة *توصي* 4 من محطة أرضية تعمل مع ساتل يقع على مسافة تباعد 2° من الساتل المطلوب يمكن أن يؤدي إلى انخطاط في ↑(*C/N*) بأقل من 58,5% (أي 2 dB) في 75% من الموجات الحاملة. وبالمثل يبين الشكل 3 أنه بالنسبة لتباعد قدره 3°، يكون الانخطاط 36% (1,33 dB) بالنسبة للموجات الحاملة الأكثر تعرضاً الواردة بالتوصية ITU-R S.1328 وأقل من 26% (1 dB) في 82% من هذه الموجات.

ويمكن أن نستنتج من الشكل 4 أن تداخلاً في حدود ما ورد بالفقرة *توصي* 4، من محطة أرضية تعمل مع ساتل يتباعد بمقدار 2° من الساتل المطلوب، يمكن أن يؤدي إلى انخطاط في ↑(*C/N*) لا يزيد عن 58,5% و أقل في 84% من وصلات قاعدة البيانات CR/116. كما يبين الشكل 4 أنه في حالة تباعد يبلغ 3° فإن الانخطاط يكون 75% (2,4 dB) في أكثر وصلات قاعدة البيانات CR/116 تعرضاً وأنه أقل من 26% (1 dB) في 92% من هذه الوصلات.

ولوضع نتائج الفقرتين السابقتين في منظور محدد، يجب مراعاة أربعة عوامل:

– أنه في معظم المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض يكون التباعد بين السواتل المشتركة في الترددات والمشتركة في مجال التغطية 3° على الأقل، وأنه حتى في الأقواس المزدحمة فإن هذا التباعد لا يقل عادة عن 2°؛

- أن سويات كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور في منطقة الفصوص الجانبية القريبة المتولدة من محطات أرضية ترسل غالبية الموجات الحاملة في النطاق GHz 30-29,5 فيما عدا تلك الخاضعة لقيمة 10% من قيم الذروة الخاصة بالفصوص الجانبية على النحو الوارد في الملاحظة 15 (انظر الفقرة 2.4)، ستكون أقل بكثير من الحدود الواردة في الفقرة *توصي* 4؛
- أن القيمة البالغة 6% من الضوضاء المحددة في التوصيات بشأن معايير الحماية طويلة الأجل للخدمة الساتلية الثابتة مثل التوصيات ITU-R S.523 وITU-R S.735 وITU-R S.1323 عبارة عن سوية بدء التنسيق التي حددتها لوائح الراديو؛
- أن سويات تداخل أعلى تكون مقبولة في الغالب عند الضرورة أثناء عمليات التنسيق.

ومن ثم فإنه ينظر إلى نتائج الانحطاط في الوصلة الصاعدة المذكورة أعلاه على أنها تقدم دليلاً على أن حدود كثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور الواردة بالفقرة *توصي* 4 توفر حماية مقبولة للوصلات الصاعدة في الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض ضد التداخلات من شبكات الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض الأخرى وتسمح بزيادة الاستخدام الفعال للمدار المستقر بالنسبة إلى الأرض.

وبوضع هذه العوامل في الحسبان، فإن النتائج أعلاه تؤيد الإستنتاج بأن الحدود الواردة في الفقرة *توصي* 4 تعتبر صارمة بما يكفي لكي تسمح بتباعد صغير إلى حد مقبول بين السواتل، دون الحاجة إلى أنظمة إفرادية تقبل سويات غير معقولة بالنسبة لتداخلات الوصلات الصاعدة.

الملاحظة 1 – أنه تم القيام بالعملية الواردة في هذا القسم من التوصية لتقديم دليل يؤيد السويات الواردة بالفقرة *توصي* 4 ولكنها لم تستخدم لاستنتاج هذه السويات ولا تعرض بحسبانها طريقة جديدة يمكن استخدامها في المراجعات المقبلة لهذه التوصية.

الملاحظة 2 – أن الرسالتين المعممتين CR/92 و CR/116 طلبتا من الإدارات تقديم بيانات بشأن وصلات الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض خاصتها والتي يمكن أن يكون لها تأثير واضح على أداء هذه الوصلات بسبب التداخل الناتج عن شبكات الخدمة الساتلية الثابتة غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

2.4 عوامل أخري يجب مراعاتها

1.2.4 مقدمة

من المهم عند تحديد مستوى مقبول من الإرسالات خارج المحور مراعاة أمرين. الأول، أنه يجب ألا تعوق السويات القصوى المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور التشغيل المستمر لأنظمة الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض القائمة وتطوير الأنظمة المستقبلية لهذه الخدمة. والثاني، أنه يجب أن تتضمن كثافات القدرة .e.i.r.p خارج المحور هوامش مناسبة لكي تعوض حقيقة أن النهج القياسي لقطاع الاتصالات الراديوية يسمح لحوالي 10% من الفصوص الجانبية للهوائي بتجاوز الغلاف الاسمي.

أن الفقرة *توصي* 4 والحواشي المصاحبة لها تراعي هذين المطلبين. ويقدم هذا الملحق معلومات أساسية بشأن العوامل التي أخذت في الاعتبار خلال دراسات قطاع الاتصالات الراديوية عن هذا الموضوع، ويبين السويات القصوى المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور المطلوبة لتشغيل بعض الأنظمة القائمة للخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض في التردد GHz 20/30 المذكورة في هذه التوصية والحاجة إلى النظر في إعفاء هذه الأنظمة القائمة.

2.2.4 أنظمة الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض القائمة والمستقبلية

هناك العديد من الأنظمة العاملة حالياً في النطاقين GHz 20,2-19,7/30-29,5 كما أن عددها في تزايد مستمر. وسيتم تقديم أنواع كثيرة من الخدمات لتلبية الأنواع الكثيرة من الطلبات المتوقعة للأسواق. ومن ثم فإنه من الضروري عند بحث سويات

مقبولة لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور مراعاة ليس فقط الأنظمة القائمة حالياً ولكن أيضاً الأنظمة المستقبلية بحيث لا يتم تقييد التنوع في الخدمات المقدمة من الأنظمة الساتلية.

ويبين الجدول 5 أربعة أمثلة لأنواع الأنظمة. فالنوعان 1 و2 موجودان في الوقت الراهن؛ بينما النوعان الآخران ضمن المخطط. وجميع الأنواع الأربعة تعمل بالخدمة حالياً أو ستعمل مستقبلاً في اليابان في نطاقي التردد GHz 20,2-19,7/30-29,5.

الجدول 5

معلمات أنظمة الخدمة الثابتة التابعة المستقرة بالنسبة إلى الأرض القائمة والمستقبلية

النظام	النوع 1	النوع 2	النوع 3	النوع 4
نوع الخدمة	الشبكة الهاتفية العمومية التبديلية/شبكة ISDN	بيانات عالية السرعة	SNG	ISDN
التيسر (%)	99.8/99.6	99,6	99,6	99,.6
C/N المطلوبة dB	11,5	9,0	8,0	12,8
عرض النطاق المطلوب (kHz)	25 024	100 000	21 000	8 800
قطر هوائي الإرسال (m)	4,2	2,4	1,2	3,0
القدرة المدخلة عند التغذية (W)	150	150	15	15
كثافة القدرة المدخلة عند التغذية (dB(W/40 kHz))	–6,2	–12,2	–15,4	–11,7
الكثافة القصوى للقدرة المدخلة عند التغذية في ظروف المطر (dB(W/40 kHz))	–6.2	–12.2	–5.4	–1.7
الكثافات القصوى للقدرة .e.i.r.p خارج ظروف الجو الصافي [1] (dB(W/40 kHz))؛ $1° \le \varphi \le 20°$	$23 - 25 \log \varphi$	$17 - 25 \log \varphi$	$14 - 25 \log \varphi$	$18 - 25 \log \varphi$
قطر هوائي الاستقبال (m)	11,5/4,2	2,4	4,2	3,0
مجموع *I + C/N* (dB)	22,1/19,9	13,3	11,0	17,9

[1] تم حساب هذه القيم باستخدام مجسم إشعاعي للنصوص الجانبية للهوائي على شكل ($29 - 25 \log \varphi$).

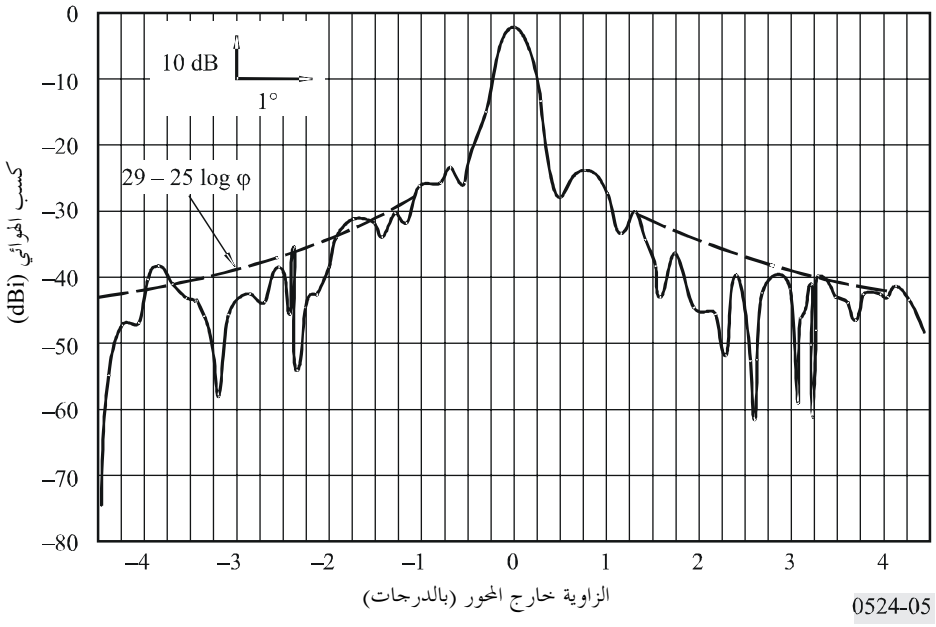
SNG: جمع الأخبار ساتلياً.

3.2.4 هامش زيادة كسب الفصوص الجانبية للهوائي عن المجسم الإشعاعي للفصوص الجانبية

تم استخدام مجسم إشعاعي للفصوص الجانبية للهوائي على شكل ($29 - 25 \log \varphi$) لحساب كثافات القدرة .e.i.r.p خارج المحور المبينة بالجدول 5. بيد أن هذا المجسم موجود في التوصية ITU-R S.580 لأغراض التصميم والتي تذكر أنه يجب ألا يتجاوز كسب 90% من قيم الذروة للفصوص الجانبية غلاف الفصوص الجانبية هذا في أي اتجاه في حدود 3° من المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض. لذا، فإنه يمكن لحوالي 10% من قيم الذروة للفصوص الجانبية تجاوز هذا الغلاف حتى إذا كانت هوائيات المحطة الأرضية تلتزم بهذه التوصية. لذلك من الضروري مراعاة هامش معين للتجاوز عند تقدير كثافات القدرة .e.i.r.p خارج المحور. ويبين الشكل 5 مثالاً لمخطط إشعاعي مقيس في المستوى شرق/غرب لهوائي قطره 2,4 متر مع استخدام النطاق GHz 20/30. وكان أقصى تجاوز عن غلاف الفصوص الجانبية الخاص بالتوصية ITU-R S.580 حوالي 4 dB. وهذا يعني أننا نحتاج إلى هامش قدره 4 dB على الأقل لهذا الهوائي لتقدير كثافات القدرة .e.i.r.p خارج المحور.

الشكل 5

مثال المخطط إشعاعي مقيس لهوائي



إذا استخدم هذا الهامش 4 dB مع مدى تحكم في قدرة الوصلة الصاعدة يبلغ 10 dB تحت كل الظروف، فإن السويات القصوى المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور والتي لا تعوق تشغيل أنظمة الخدمة الساتلية الثابتة المستقرة بالنسبة إلى الأرض المذكورة في القسم السابق تكون كالتالي:

$2,0° \le \varphi \le 7,0°$	عندما تكون	dB(W/40 kHz)	$32 – 25 \log (\varphi)$
$7,0° \le \varphi \le 9,2°$	عندما تكون	dB(W/40 kHz)	11
$9,2° \le \varphi \le 48°$	عندما تكون	dB(W/40 kHz)	$35 – 25 \log (\varphi)$
$\varphi > 48°$	عندما تكون	dB(W/40 kHz)	-7

وفي ظروف الجو الصافي، فإن السويات القصوى المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور والتي لا تعوق تشغيل أنظمة GSO/FSS المذكورة في القسم السابق تكون كالتالي:

$2,0° \le \varphi \le 7,0°$	عندما تكون	dB(W/40 kHz)	$27 – 25 \log (\varphi)$
$7,0° \le \varphi \le 9,2°$	عندما تكون	dB(W/40 kHz)	16
$9,2° \le \varphi \le 48°$	عندما تكون	dB(W/40 kHz)	$30 – 25 \log (\varphi)$
$\varphi > 48°$	عندما تكون	dB(W/40 kHz)	-12

إلا أن الأمر يحتاج إلى مزيد من الدراسة لاختيار هامش التجاوز المناسب، لأنه يجب أن يؤخذ في الاعتبار الأنواع المختلفة للهوائيات.

4.2.4 الخلاصة

يقدم هذا الملحق العديد من معلمات أنظمة GSO/FSS، ومثالاً لمجسم إشعاعي مقيس لهوائي والسويات القصوى المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور والتي لا تعوق تشغيل هذه الأنظمة.

ويجب اختيار السويات القصوى المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور بحيث لا تقيد التنوع في الخدمات المقدمة من الأنظمة الساتلية القائمة والمستقبلية. وإضافة إلى ذلك، يجب أن تتضمن كثافات القدرة .e.i.r.p خارج المحور هامش تجاوز مناسب للكسب الفعلي للفصوص الجانبية للهوائي عن أغراض التصميم الخاصة بغلاف الفصوص الجانبية للهوائي المشروحة في التوصية ITU-R S.580.

وبالتالي، فعند تحديد السويات المسموح بها لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور من المحطات الأرضية GSO/FSS العاملة في النطاق GHz 30-29,5 في أي اتجاه في حدود زاوية قدرها 3° من المحور المستقر بالنسبة إلى الأرض، فإنه يجب النظر إلى معلمات هذه الأنظمة وغلاف الفصوص الجانبية على أنها الحد الأدنى من الشروط التي يمكن اعتمادها. وقد روعي ذلك في الملاحظة 7 من التوصية.

وحيث إن الشبكات الجديدة يجب أن تلتزم بحدود أكثر صرامة، لذا يجب وضع أحكام تضمن عدم فرض هذه الحدود الأكثر صرامه على المحطات القائمة. وقد تم إبراز ذلك في الملاحظتين 8 و9 من التوصية.

الملحق 2

1 المقدمة

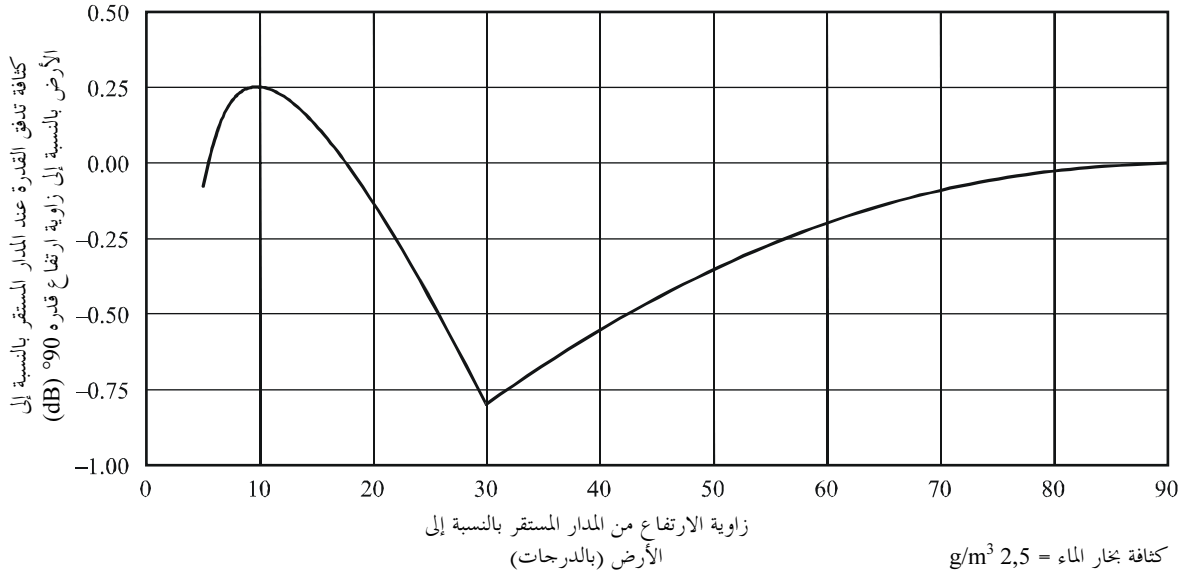
عند استخدام الصيغة الواردة في الملاحظة 10 لتحديد الزيادة بالنسبة للمحطات المطرافية ذات زوايا الارتفاع المنخفضة فوق السوية القصوى لكثافة القدرة .e.i.r.p خارج المحور وترسل في النطاق GHz 30-27,5 (انظر الملاحظة 1)،فإن المدى بين أقصى وأدنى كثافة تدفق قدرة مستقبلة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض (من أي نقطة على سطح الأرض تكون زاوية الارتفاع منها مع المدار المستقر إلى الأرض أكبر من 5°) لن يزيد عن 1 dB. وإزاء النموذج المقترح لحدود القدرة .e.i.r.p خارج المحور بالنسبة لمحطات الإرسال المطرافية الأرضية ذات زوايا ارتفاع تساوي أو أقل من 30°، فإن التغير في كثافة تدفق القدرة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض خلال عدد مختبر من المعلمات الجوية أقل من فرق الخسارة في الفضاء الحر وحدها (dB 1,32)، والذي يحدث خلال النطاق الكامل للارتفاع.

وفي أي من النطاقين GHz 6 أو GHz 14، فإن حدود القدرة .e.i.r.p خارج المحور الواردة في الفقرات *توصي* من 1 إلى 3 لا تعتمد على زاوية الارتفاع. ويعتبر الامتصاص الجوي في هذين النطاقين حتى عند زوايا الارتفاع الصغيرة أقل مقارنة بالتغير في كثافة تدفق القدرة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض بسبب الخسارة في الفضاء الحر وحدها. وباستخدام النموذج المقترح في الملاحظة 10، يكون التغير في كثافة تدفق القدرة المستقبلة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض أقل من ذلك التغير الذي يحدث بسبب الخسارة في الفضاء الحر وحدها. لذا، فإن تأثير السماح للمحطات المطرافية الأرضية ذات زوايا الارتفاع الصغيرة والعاملة عند التردد GHz 30 بأن ترسل بالكثافات الإضافية المقترحة للقدرة .e.i.r.p خارج المحور، عبر نطاق مدروس من الأجواء سيكون له مخاطر صغيرة جداً على تنسيق الوصلات الصاعدة المشتركة في التردد مع الشبكات الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض. وفي الأجواء التي تكون فيها كثافة بخار الماء δ أكبر من 7,5 g/m^3، فإن قيمة الذروة لكثافة تدفق القدرة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض بسبب محطات مطرافية أرضية ذات زوايا ارتفاع صغيرة تلتزم بالتعويض المقترح في قدرة الوصلة الصاعدة تكون أقل من نفس القيمة عند زوايا أكبر من 30° حيث لا يتم استخدام تعويض القدرة في الوصلة الصاعدة.

وتبين الأشكال 6 و7 و8 السويات النسبية لكثافة تدفق القدرة المستقبلة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض كدالة في زاوية الارتفاع، وذلك باستخدام التوصية ITU-R P.676. وفي كل الحالات الثلاث المدروسة، تم افتراض أن ارتفاع مستوى سطح الأرض يساوي صفر متر (amsl) وأن الضغط الجوي يساوي 1 013 hPa.

الشكل 6

كثافة تدفق القدرة المستقبلة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض
والمحسوبة عند تردد GHz 29,75

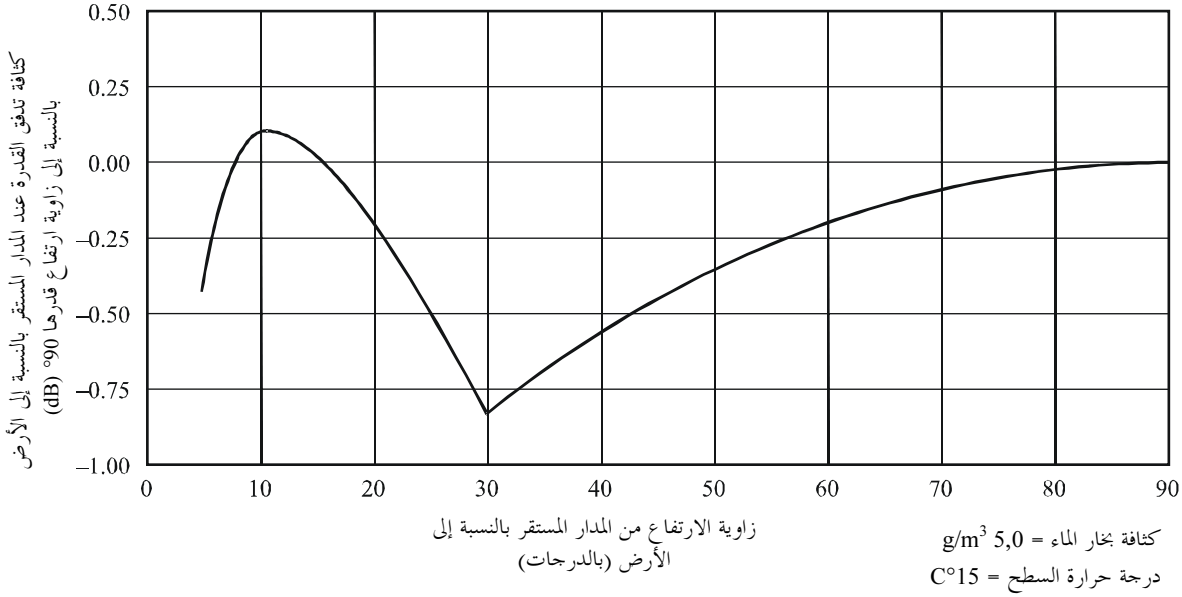


كثافة بخار الماء = 2,5 g/m^3
درجة حرارة السطح = C°10

0524-06

الشكل 7

كثافة تدفق القدرة المستقبلة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض
والمحسوبة عند تردد GHz 29,75



كثافة بخار الماء = 5,0 g/m^3
درجة حرارة السطح = C°15

0524-07

الشكل 8

كثافة تدفق القدرة المستقبلة عند المدار المستقر بالنسبة إلى الأرض
والمحسوبة عند تردد GHz 29,75