التوصيـــة ITU-R RS.1165-2

الخصائص التقنية ومعايير الأداء للأنظمة المستعملة في خدمة مساعدات الأرصاد الجوية في نطاقي التردد 403 MHz و1 680 MHz

(2006-1997-1995)

نطاق التطبيق

تقدم هذه التوصية الخصائص التقنية ومعايير الأداء للأنظمة المستعملة في خدمة مساعدات الأرصاد الجوية في نطاقي التردد 403 MHz و1 680 MHz.

وهي تغطي جميع الأنظمة المختلفة لمساعدات الأرصاد الجوية: Radiosondes وDropsondes وRocketsondes.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن قياسات الأرصاد الجوية التي تُجرى في الغلاف الجوي العلوي عن طريق المسابير الراديوية عنصر أساسي من عناصر برنامج المراقبة العالمية للطقس (WWWP) التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)؛

ب) أن العديد من أنظمة الدفاع تنشر أنظمة مسابير من أجل دعم مجموعة من العمليات بمنأىً عن برنامج المراقبة العالمية للطقس؛

ج) أن العديد من المسابير تُستخدم للمراقبة المحلية والإقليمية لظروف التلوث الجوي وكذلك لتتبع مسارات المواد الخطرة الناجمة عن الكوارث الطبيعية أو الاصطناعية؛

د) أن أنظمة المسابير الراديوية المستعملة في خدمات مساعدات الأرصاد الجوية تحتاج إلى متطلبات فريدة من الاتصالات الراديوية؛

هـ) أن أنظمة المسابير Radiosondes وDropsondes وRocketsondes المستعملة في إطار خدمة مساعدات الأرصاد الجوية تعمل أساساً في نطاق التردد 400,15-406 MHz (الذي يُطلق عليه اسم النطاق 403 MHz) ونطاق التردد 668,4-700 1 MHz (الذي يُطلق عليه اسم النطاق 680 1 MHz) مع تطبيق الحدود الواردة في الحكم رقم 379E.5 من لوائح الراديو؛

و) أن المسابير الراديوية المستخدمة في خدمة مساعدات الأرصاد الجوية تكون محمولة على متن بالونات وصواريخ، وقد تعمل مع محطات مركَّبة على الأرض أو على ظهر السفن؛

ز) أن هناك أنماطاً أخرى من المسابير المستعملة في خدمة مساعدات الأرصاد الجوية تُطلق من طائرات وتعمل مع محطات محمولة على متن طائرات؛

ح) أن أهداف أداء الإرسال من المسابير الراديوية وإليها ينبغي أن تتماشى مع المتطلبات التشغيلية المطلوبة والتقييدات المصاحبة للأنظمة ولنطاقات التردد التي تستوفى فيها المتطلبات؛

ط) أن أهداف أداء الأنظمة النموذجية المستعملة في خدمة مساعدات الأرصاد الجوية هي بمثابة مبادئ توجيهية لتطوير الأنظمة الفعلية التي ينبغي استخدامها في بيئة تقاسم الترددات؛

ي) أن أهداف جودة الأداء لمختلف الأنظمة تتحدد باستخدام منهجية مماثلة لتلك الوارد وصفها في التوصية ITU-R SA.1021؛

ك) أن أهداف الأداء متطلب يجب أن يتوفر مسبقاً من أجل تعيين معايير التداخل؛

م) أن التوصية ITU-R SA.1263 توفر معايير التداخل للأنظمة المستعملة في خدمة مساعدات الأرصاد الجوية العاملة في النطاق 403 MHz والنطاق 680 1 MHz.

توصـــي

1 باعتبار الخصائص التقنية والتشغيلية الواردة في الملحق 1 نموذجاً لمساعدات الأرصاد الجوية في نطاقي التردد 403 و680 1 MHz؛

2 بمراعاة معايير الأداء الواردة في الجدول 3 عند وضع معايير التداخل وإجراء الدراسات المتعلقة بالتقاسم مع الخدمات الأخرى.

الملحق 1

1 المقدمة

1.1 عمليات الأرصاد الجوية اليومية

تستخدم مساعدات الأرصاد الجوية[1] أساساً لإجراء قياسات موقعية لمتغيرات الأرصاد الجوية (الضغط، ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية، وسرعة الرياح واتجاهها) في الغلاف الجوي حتى ارتفاع 36 km. وتكون القياسات حيوية لقدرة التنبؤ بالجو على الصعيد الوطني (وبالتالي قدرة خدمات الإنذار المتعلقة بالأحوال الجوية الخطرة لعامة الناس والتي ترتبط بحماية الأرواح والممتلكات). توفر مساعدات الأرصاد الجوية وأنظمة التتبع المصاحبة لها قياسات متآونة للتغيرات الرأسية في درجة الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الرياح واتجاهها على كامل مدى الارتفاع المطلوب. إن تباين متغيرات الأرصاد الجوية هذه في المستوى العمودي يحتوي على أغلبية المعلومات الحيوية اللازمة للتنبؤ بالطقس. وتكون أنظمة مساعدات الأرصاد الجوية هي أنظمة الأرصاد الجوية الوحيدة القادرة على أن توفر بانتظام الاستبانة العمودية التي يحتاج إليها أخصائيو الأرصاد الجوية للمتغيرات الأربعة. ويكون تعرُّف الارتفاعات التي تحدث عندها تغيرات مفاجئة في أحد المتغيرات أمراً بالغ الأهمية. وبالتالي يكون من الأساسي أن يُستدام إجراء قياسات موثوقة طوال عملية ارتفاع المسبار الراديوي.

وتأتي رصدات مساعدات الأرصاد الجوية من مسابير راديوية تحمل في بالونات صاعدة تطلق من محطات برية أو من سفن أو من مسابير Drapsondes تُطلق من طائرة محمولة بمظلة أو من مسابير Rocketsondes التي تُرفع في الغلاف الجوي بواسطة صواريخ وتهبط عبره محمولة بمظلة. ويجري الرصد بواسطة المسابير الراديوية على نحو روتيني في كل البلدان تقريباً من مرتين على أربع مرات في اليوم. وتُعمّم بعد ذلك بيانات الرصد مباشرة على كل البلدان الأخرى خلال عدة ساعات عن طريق نظام الاتصالات التابع للمنظمة العالمية للأرصاد الجوية، وتكون كل أنظمة الرصد ونشر المعطيات منظمة في إطار البرنامج العالمي لرصد الطقس التابع للمنظمة WMO.

---

[1] تتناول هذه التوصية مسابير Radiosondes وDropsondes وRocketsondes التي يتم تشغيلها في إطار خدمة مساعدات الأرصاد الجوية (MetAids). ويستخدم تعبير MetAids عندما تنطبق المناقشة على الأنظمة الثلاثة جميعاً. ويستخدم كل اسم منها (Radiosondes وDropsondes وRocketsondes) عندما تنطبق المناقشة على واحد أو اثنين من هذه الأنماط من الأنظمة.

توفر شبكة المسابير الراديوية المصدر العالمي الأولي للقياسات الموقعية الآنية وتتطلب لائحة المنظمة WMO (كُتيب النظام GDPS) أن تجري قياسات المسابير الراديوية وأن تُعمم على كل مراكز النظام GDPS في أرجاء العالم على الصعيد الوطني والإقليمي والعالمي من أجل التنبؤ الرقمي بالطقس. ومحطات الرصد مطلوبة في جميع أنحاء العالم على مسافات مباعدة أفقية لا تزيد عن 250 km، خلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، على ألا يقل عدد الرصدات عن رصدة واحدة إلى أربع رصدات يومياً. غير أن نماذج التنبؤ الرقمي بالطقس للظواهر الجوية الصغيرة النطاق (مثل العواصف الرعدية، والرياح المحلية، والأعاصير الحلزونية) وحالات الطوارئ البيئية سوف تحتاج في الواقع إلى عمليات رصد للهواء العلوي من مرة إلى ثلاث مرات في الساعة على مستوى استبانة أفقي يتراوح بين 50 و100 km. ويتم توفير هذه الأرصاد من مجموعة من أنظمة الرصد التي يتم اختيارها وفقاً لاحتياجات الإدارة الوطنية، بما في ذلك قياسات MetAids وقياسات رادار محدد المظهر الجانبي للرياح والقياسات الساتلية.

إن رصدات المسابير الراديوية أساسية من أجل الإبقاء على استقرر في النظام GOS للمنظمة WMO. فالقياسات التي تتم بالسبر عن بُعد من السواتل لا تتمتع باستبانة عمودية متيسّرة من المسابير الراديوية. والاشتقاق الناجح للتغيرات العمودية في درجة الحرارة من هذه القياسات الساتلية يتطلب عادة حسابات يتم البدء بها مباشرة من إحصاءات المسابير الراديوية أو من التنبؤ الرقمي بالطقس نفسه. وفي الحالة الأخيرة، تضمن القياسات المأخوذة بالمسابير الراديوية أن التركيبة العمودية لهذه التنبؤات تظل صحيحة ومستقرة مع مرور الزمن. إضافة إلى ذلك، تستخدم قياسات المسابير الراديوية لمعايرة الأرصاد الساتلية بعدة تقنيات. ومن ثم ينظر إلى الرصدات المأخوذة بالمسابير الراديوية باعتبارها لا تزال ضرورية جداً لعمليات الأرصاد الجوية للمستقبل القريب.

2.1 مراقبة تغيُّر المناخ

حدثت تغيُّرات كبيرة في درجة حرارة الغلاف الجوي والأوزون خلال العشرين سنة الماضية وحدث الكثير من هذه التغيرات في الارتفاعات بين 12 و30 km فوق سطح الأرض. وهذه التغيرات كبيرة بدرجة تثير القلق بشأن سلامة الصحة العامة مستقبلاً. وتحدد الرصدات الروتينية اليومية المأخوذة على ارتفاعات تزيد عن 30 km التوزيع في المستوى العمودي للتغييرات التي تطرأ، من ثم تتيح تقييم أسباب التغير. وتحدد قياسات مسبار الأوزون المأخوذة على ارتفاعات مماثلة التوزيع العمودي لتآكل الأوزون الذي يتبين أنه يظهر الآن أنه يحدث في كل من النصف الشمالي والنصف الجنوبي للأرض في الشتاء والربيع. وتطلق بلدان عديدة مسابير أوزون على الأقل ثلاث مرات في الأسبوع خلال هذين الفصلين من أجل مراقبة التطورات.

والمعاينة الناجحة لتغير الطقس تتطلب استخدام مسابير راديوية ذات خصائص معروفة فيما يتعلق بنسبة الخطأ في القياسات. إن متطلّب الاستمرار في سلسلة قياسات الهواء العلوي على الصعيد العالمي تعني أن تصاميم المسبار الراديوي الجديدة لا توضع في الخدمة إلا بعد بضع سنوات من الاختبار المكثف في المختبر وفي الغلاف الجوي الحر على السواء.

3.1 مستعملون آخرون

قد يتم نشر أنظمة MetAids أخرى بصورة مستقلة عن منظمة الأرصاد الجوية المدنية الأساسية من جانب مراكز البحوث الوطنية ومستعملين آخرين. وسوف تتضمن البحوث دراسات معينة عن التلوث البيئي والهيدرولوجيا والنشاط الإشعاعي في الغلاف الجوي الحر وظواهر الطقس المهمة (مثلاً العواصف الشتوية والأعاصير المدارية والعواصف الرعدية إلخ ...) ودراسة مجموعة من الخواص الفيزيائية والكيميائية للغلاف الجوي. وهذا الاستعمال لا يتناقص مع الوقت، لأنه أصبح من السهل جداً في ظل الأتمتة الحديثة تشغيل أنظمة متنقلة وأنظمة محمولة على متن السفن بنجاح دونما حاجة إلى وجود مشغِّلين مهرة وكميات كبيرة من المعدات الداعمة. ويتعين أن تستوعب عمليات MetAids هؤلاء المستعملين، ويؤدي هذا إلى توسيع نطاق طيف الترددات الراديوية اللازمة لعمليات MetAids. ويُعدُّ هذا أمراً حاسماً بوجه خاص عندما تكون مواقع الإطلاق لهؤلاء المستعملين الآخرين موجودة في حدود 150 km من مواقع إطلاق منظمة الأرصاد الجوية.

2 خصائص تشغيل المسبار الراديوي

في الحين الذي تُجرى فيه الكثير من عمليات المسبار الراديوي عادة وفقاً لجدول محدد، يمكن إجراء عمليات في أي وقت من النهار أو الليل استجابة لمتطلبات تشغيلية معينة أو للظروف الجوية أو متطلّبات الاختبار. وتُجرى رصدات المسابير الراديوية السينوبتيكية على الصعيد العالمي من أجل توفير الأرصاد الضرورية للتنبؤ اليومي بالطقس. وتُجرى الرصدات المعيارية اسمياً عادة عند الساعة 0000 و1200 بالتوقيت UTC، إلا أن الأوقات الفعلية للإطلاق تتغير حسب الممارسة الوطنية وفي بعض الحالات تتم قبل الزمن الاسمي بثلاثة أرباع الساعة بأقل تقدير. ويمكن أن يتم الإطلاق لغاية ساعتين بعد الوقت الاسمي في حالة حدوث مشاكل لدى تحضير المسبار الراديوي قبل إطلاقه أو عندما تفرض لوائح الحركة الجوية المحلية قيوداً على التوقيتات أو في حالة حدوث عطل خلال الرحلة الأساسية. وتنفذ كذلك أرصاد متوسطة روتينياً في عدة بلدان عند الساعة 0600 و1800 بالتوقيت UTC. ويقوم المشغلون السينوبتيكيون بإطلاق رحلات Radiosondes وDropsondes وRocketsondes إضافية بصفة دورية، ويتم ذلك في أغلب الأحيان من مواقع مؤقتة باستخدام أنظمة متنقلة، للتغلُّب على أي ظروف طقس غير عادية، أو لتلبية متطلبات غير عادية للاختبار. وتحدد مواعيد زمنية للرحلات تلبي متطلبات التشغيل.

وتنفذ شبكات المسابير الراديوية وتشغل بواسطة المرافق الوطنية للأرصاد الجوية مع الالتزام بالممارسات والإجراءات الموصى بها والمتفق عليها دولياً في إطار المنظمة WMO. ويبلغ العدد الحالي لمحطات المسابير الراديوية التي تقدم تقارير بصورة منتظمة نحو 900 محطة. ويطلق حوالي 000 800 مسبار راديوي كل عام بالاشتراك مع شبكة المنظمة WMO ويقدر أن حوالي 000 400 من المسابير الراديوية تستخدم لأهداف الدفاع والتطبيقات الخاصة. ولا تتقيد السوية الحالية لاستخدام المسابير الراديوية بمتطلبات الأرصاد الجوية بسبب التكاليف التشغيلية.

3 طيف التردد الراديوي المستخدم في عمليات المنظمة العالمية للأرصاد الجوية (WMO)

1.3 نتائج دراسة المنظمة WMO

يبين الجدول 1 تقديرات لاستعمال الترددات الراديوية في محطات المسابير الراديوية السينوبتيكية Radiosondes التي تنقل معلومات يومية لعمليات الأرصاد الجوية للمنظمة WMO لتبادل المعلومات. وتستند هذه المعلومات إلى دليل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية عن المسابير الراديوية وأنظمة الرياح العليا الذي يستعمله أعضاء المنظمة حالياً. وقد تم تجميع نتائج المسح في مناطق من أجل بيان الاختلاف في الاستعمال على الصعيد العالمي. وتتوفر معلومات أكثر تفصيلاً في دليل المنظمة WMO عن المسابير الراديوية وأنظمة الرياح العليا التي يستخدمها الأعضاء. ويجب أن تُراعى الاقتراحات الخاصة بتقسيم النطاق إلى قطاعات حقيقة أن النطاقات المعينة على الصعيد العالمي من أجل مساعدات MetAids على أساس أولي ليست متوفرة لهذه الخدمة في كل البلدان. وعلى سبيل المثال، في أستراليا، لا يتوفر حالياً نصف نطاق التردد 403 MHz على الأقل من أجل عمليات MetAids.

ويختلف استخدام نطاقي التردد الرئيسيين الموزعين على خدمة مساعدات الأرصاد الجوية (النطاقان 403 و680 1 MHz) اختلافاً كبيراً في الأجزاء المختلفة من العالم. ويجري تشغيل الأنظمة التي تعمل في النطاق 680 1 MHz أساساً في الولايات المتحدة واليابان والصين. وتوفر هذه الأنظمة بيانات سينوبتيكية إلى النظام العالمي للاتصالات في المنظمة العالمية للأرصاد الجوية. ويستخدم المستعملون الآخرون في هذه البلدان أساساً النطاق 403 MHz للعمليات غير السينوبتيكية. أما روسيا وبعض البلدان التي توجد بينها ترتيبات تعاون، فيستخدمون ترددات تراوح 780 1 MHz لعمليات المسابير الراديوية. ويتوقع أن تقوم البلدان التي تستخدم النطاق 780 1 MHz بنقل عملياتها إلى أحد النطاقين الرئيسيين من أجل الاستفادة بالمعدات المتاحة تجارياً.

الجدول 1

قائمة باستخدام التردد الراديوي للمسابير الراديوية للعمليات السينوبتيكية اليومية

الإقليم	العدد الإجمالي للمواقع	عدد المواقع التي تستخدم MHz 400	عدد المواقع التي تستخدم MHz 1 680	عدد المواقع التي تستخدم[1] MHz 1 780
أوروبا وروسيا الغربية	184	122	12	50
آسيا وروسيا الشرقية	370	139	127	104
أفريقيا	74	65	9	0
أمريكا الشمالية	166	55	109	2
أمريكا الجنوبية والقارة القطبية الجنوبية	74	63	7	4
أستراليا والأقيانيوس	100	73	27	0
أنظمة السفن	36	36	0	0
الإجمالي	1 004	553	291	160

[1] يستعمل نطاق التردد MHz 1 780 (MHz 1 774 – MHz 1 790) في عدد قليل من البلدان في أنحاء العالم مع أنه غير مخصص لخدمة MetAids في لوائح الراديو.

2.3 نطاق التردد الراديوي المستعمل في غرب وشمال أوروبا

في غرب وشمال أوروبا تكون شبكة محطة السبر الراديوي كثيفة وتشغل المحطات لعمليات الأرصاد الجوية الروتينية والرصد البيئي ومجموعة من العمليات الدفاعية. وتشغل أكثرية المسابير الراديوية في النطاق من MHz 403. ومعظم هذه المسابير الراديوية حالياً هي مسابير تماثلية، غير أن من المتوقع أنها ستتحول إلى الاتصالات الرقمية في المستقبل.

وقد تم وضع معايير أوروبية موحدة تغطي المتطلبات الرأسية للقناع الطيفي وتطوير قدرة الإرسال لجميع المسابير الراديوية الرقمية المستعملة في أوروبا. ولا يوجد معيار موحد للمسابير الراديوية التماثلية ويرتكز استخدامها على الموافقة الوطنية.

3.3 طيف التردد الراديوي المستخدم في أمريكا الشمالية والجنوبية

خدمة الطقس المدنية في الولايات المتحدة الأمريكية هي حالياً المستعمل الأساسي للنطاق عند MHz 1 680. ويستخدم بعض المستعملين الآخرين في الولايات المتحدة النطاق MHz 403. وعلى الرغم من وجود توزيع يغطي النطاق من 1 668,4 إلى 1 700 MHz، فإن عمليات خدمة الطقس المدنية مركزة في النطاق 1 675-1 683 MHz تفادياً لعدم التوافق مع الخدمات الأخرى في النطاقين 1 668,4-1 675 MHz و1 683-1 700 MHz. ولا تقوم خدمة الطقس المدنية بتشغيل أنظمة في النطاق MHz 403 في الأماكن التي يشكل فيها التداخل الذي يحدث في محطة أرضية رئيسية تابعة لـ MetSat مشكلة أو التي يكون تركيب هوائي مكافئ كبير للتتبُّع فيها أمراً غير عملي.

أُجريت دراسة على استعمال المسابير الراديوية في النطاق MHz 403 في الولايات المتحدة الأمريكية مؤخراً وأكدت أن المستعملين غير السينوبتيكيين ينشرون عدداً كبيراً من الأنظمة. ويستخدم على الأقل 40 نظاماً آخر كل من الجامعات أو وكالات أخرى في الولايات المتحدة. كما ينشر بعض من هذه الأنظمة في مجموعة عند تباعدات في المستوي الأفقي تقل عن km 250، مما يدعم الدراسات ذات المدى الطويل التي تجري في المواقع العلمية الوطنية.

4 المتطلبات التشغيلية

فضلاً عن الدقة، فإن الخصائص الأساسية المطلوبة في تصميم المسبار الراديوي هي الاعتمادية وقوة التحمل وخفة الوزن وصِغر الحجم والاستهلاك القليل للطاقة. وبما أن المسبار الراديوي لا يستخدم عادة إلا مرة واحدة، فيجب أن يصمم كي ينتج بكلفة منخفضة. وتمثل سهولة المعايرة وثباتها خصائص مهمة كذلك. ويجب أن يكون المسبار الراديوي قادراً على توفير معطيات لمدى يبلغ 200 km على الأقل وصالحاً للتشغيل في درجة حرارة تكون بين –90 درجة و+60 درجة C. وبما أن فلطية البطارية تتغير مع الزمن والحرارة، فيجب أن يُصمَّم المسبار الراديوي لقبول التغيُّرات دون أن يتخطى متطلبات الدقة وانسياق التردد الراديوي. ويجب ألا تكون التجهيزات الأرضية المصاحبة معقدة دون مبرر وأن تتطلب صيانة متكررة تحتاج مهارات عالية. إلا أنه من المفضل الإبقاء على المسبار الراديوي نفسه بسيطاً إلى أقصى درجة ممكنة حتى وإن كان ذلك على حساب تعقيد التجهيز الأرضي، نظراً لسهولة إصلاح أي فشل في هذا الأخير، وبما أنه يجب الإبقاء على تكاليف أجهزة الطيران التي تستخدم لمرة واحدة عند مستوى أدنى.

ويتراوح وقت الصعود لرحلة سبر راديوي كاملة بين 90 و120 دقيقة ويبلغ وقت الهبوط نصف هذه الفترة تقريباً عند استعمال مظلة. ويستمر المسبار الراديوي في الإرسال أثناء الهبوط. ويتراوح المدى الأقصى للاستقبال المناسب للمسبار الراديوي بين 200 و350 km بحسب تصميم النظام. وتبلغ سرعة الصعود نحو 5 m/s ويتوقف المنحنى على ظروف الريح السائدة. وعموماً، في مساحة نصف قطر من 400 إلى 650 km تقريباً حول محطة السبر الراديوي لا يمكن استعمال نفس تردد الوصلة الهابطة. وفي مناطق الكثافة العالية، يكون هناك أكثر من 10 مشغلي مسابر راديوية ضمن المنطقة الفعلية لمسبار راديوي واحد.

إن شبكة السبر الراديوي كثيفة في غرب وشمال أوروبا. وإضافة إلى ذلك، فإن نشاطات الرصد البيئي والأرصاد الجوية والأبحاث، والمستعملين الذين يرتبط عملهم بقوى الدفاع، تتقاسم نطاق التردد مع الأرصاد السينوبتيكية. ويكون التنسيق بين مشغلي المسبار الراديوي مطلوباً لتفادي حدوث تداخل بين المسابير الراديوية للمحطات المختلفة.

5 المتطلبات المستقبلية من الطيف

من المتوقع أن تحتاج عمليات السبر الراديوي إلى الاستمرار في النطاقين 403 و680 1 MHz لخدمة المساعدات MetAids. ومن المهم الاعتراف بأنه على الرغم من أن خدمة مساعدات الأرصاد الجوية يوجد بها فعلاً توزيعات عند 30 MHz في النطاق 668,4 1-700 1 MHz، فإن جزءاً كبيراً من هذا النطاق لا يمكن أن يستعمل لمساعدات الأرصاد الجوية نظراً لعدم توافقه مع الخدمات الراديوية الأخرى الموزعة في هذا النطاق. وفي أجزاء كثيرة من العالم، لا يتوفر سوى النطاق الفرعي 675 1-683 1 MHz لعمليات خدمة مساعدات الأرصاد الجوية. ومن المحتمل أن تؤثر العوامل التالية على الاختيار الوطني للنطاق المستعمل.

1.5 الرياح العليا القوية جداً

إن متوسط قوة الرياح العليا يتغير مع الموقع الجغرافي. ويتعرض كل من اليابان وكثير من المناطق الساحلية من شمال – غرب أوروبا لرياح تكون في المتوسط أقوى بكثير بين السطح والارتفاعات التي تبلغ 16 km أكثر من باقي نصف الكرة الشمالي. ويصبح الوضع أكثر خطورة في عمليات السبر الراديوي في شمال–غرب أوروبا لأن الرياح بين 16 و30 km في خطوط العرض العليا غالباً ما تكون أقوى منها في الطبقات السفلى في معظم فصل الشتاء. ولذلك يجب أن يتم تتبُّع المسابير الراديوية عند المجالات التي تزيد كثيراً عن 150 km عند زوايا الارتفاع المنخفضة جداً. ويمكن أن تستمر أحوال الرياح القوية لعدة أسابيع وتظهر فجوات كبيرة في السجلات الجوية عند الإخفاق في استقبال بيانات من المسبار الراديوي عند السويات العليا خلال هذا الوقت.

إن الأرصاد في الشتاء مهمة جداً لدراسات تآكل طبقة الأوزون ومن الحيوي الحصول على أكبر قدر من المعلومات عند السوية العليا للمسابير الراديوية التي يوجد على متنها أجهزة لقياس الأوزون في هذه الظروف. ولهذا السبب، يعتبر الاستقبال

الأعلى الموفر عند 403 MHz أساسياً لعمليات السبر الراديوي في الأماكن التي توجد بها رياح قوية مرتفعة لفترات طويلة. ويصدق ذلك سواء استعمل NAVAID أو رادار تتبُّع أولي لقياس الرياح العليا.

ولذا، يُفضل في المواقع التي تتعرض إلى رياح عالية السرعة، استخدام مساعدات MetAids 403 MHz لسببين: الأول، هو أن خصائص الانتشار عند 403 MHz تنتج اعتمادية وصلة أفضل للمسافات الطويلة. والثاني هو أن تعدد المسيرات هو تقييد على دقة المزواة الراديوية عند زوايا ارتفاع على مَقرُبة من الأفق. وبالتالي فإن استعمال نظام قائم على المساعد NAVAID عند 403 MHz، وحتى بالكلفة العالية الممكنة للأنظمة العالمية لتحديد المواقع (GPS)، يكون أساسياً لإجراء قياسات دقيقة للرياح في هذه الظروف الشاقة.

2.5 كفاءة العنصر البشري الناتجة عن الأنظمة عالية الأتمتة

في الماضي، انتقل عدد كبير من خدمات الطقس الوطنية حول العالم إلى المساعد NAVAID لتحديد سرعة الريح واتجاهها (Loran-C) أساساً لمساعدات الأرصاد الجوية التي تعمل عند 403 MHz من أجل تحسين كفاءة العنصر البشري لعملياتها. والأنظمة التي تعمل في النطاق 403 MHz تكون عادة أيسر من حيث التشغيل وأقل صعوبة من حيث الصيانة. وكانت الكلفة الإضافية للمسبار الراديوي لتحديد سرعة الريح واتجاهها للمساعدة NAVAID أقل من الوفورات الكبيرة في الكفاءة التي صاحبت العمليات التي يقوم بها شخص واحد. والتخفيضات الكبيرة في صيانة الأنظمة الأرضية.

غير أنه يجري حالياً إنتاج مسابير راديوية للنظام GPS تعمل أيضاً في النطاق 680 MHz. وتوفر هذه المسابير الراديوية مزايا لم تكن متوفرة من قبل إلا في المسابير الراديوية المخصصة لتحديد سرعة واتجاه الرياح القائمة على NAVAID والتي تعمل في النطاق 403 MHz مثل الطراز LORAN-C. وقد توقف تشغيل أنظمة NAVAID الأرضية التقليدية الأخرى بين 1997 و2001 في معظم أنحاء العالم. إلا أنه من الممكن، على المدى الطويل، أن تعود بعض البلدان التي تستعمل حالياً أنظمة تعمل في النطاق 403 MHz إلى عمليات المزواة الراديوية عند 680 1 MHz إذا أصبحت تكلفة المسابير الراديوية للنظام GPS أعلى بكثير من تكلفة المسابير الراديوية NAVAID التي كانت مستخدمة قبل ذلك. ومن الممكن أن يستمر استعمال المسابير الراديوية LORAN-C ممكناً في مناطق العالم التي تستمر فيها عمليات LORAN-C.

3.5 المسائل المتصلة بكلفة المسابير الراديوية

القيد الرئيسي الذي يواجه الرصد بالمسابير الراديوية هو التكلفة. ففي بلدان منظمة التنمية والتعاون في الميدان الاقتصادي تمثل تكلفة المسابير الراديوية ربع مجموع تكاليف الرصد بالمسابير الراديوية. وهيكل التكلفة في البلدان النامية مختلف بدرجة جديرة بالإشارة، إذ تمثل تكلفة المسبار الراديوي أهم عنصر فيها. ولأن المتطلبات من بيانات الأرصاد الجوية عالمية في طابعها، فإن بعض البلدان المتقدمة تهب أنظمة وأجزاء من المسابير الراديوية كمنح إلى بعض البلدان النامية من أجل تحقيق الاستدامة لعمليات رصد طبقات الهواء العليا. ثمة حاجة قوية إذاً للإبقاء على أسعار المسابير الراديوية عند أدنى حد ممكن من أجل كفالة استمرار عمليات الرصد الحيوية للأرصاد الجوية العملية، بما في ذلك جوانبها المتصلة بحماية الأرواح. ومن التكلفة الإجمالية للمسابير الراديوية، تمثل أجهزة الاستشعار وتحديد سرعة الرياح واتجاهها الجزء الأكبر، أما المرسلات فتصنع عمداً في أبسط صورة ممكنة، للإبقاء على السعر الكلي منخفضاً. وتمثل تكاليف المرسلات نسبة تراوح 15-35 في المائة من تكاليف المعدات الإلكترونية للمسابير الراديوية.

إن استعمال النطاق عند 680 1 MHz مستحبٌّ في بعض البلدان التي يقل فيها احتمال وجود رياح عالية و/أو أن تثور فيها شواغل إزاء كلفة استعمال المسابير الراديوية المستقبلية القائمة على النظام GPS في نطاق المساعدات MetAids في النطاق 403 MHz لخدمة مساعدات الأرصاد الجوية MetAids. ويتيح النطاق 680 1 MHz القدرة على استعمال التحديد الراديوي للاتجاه في قياسات الرياح بدلاً من استخدام المسابير الراديوية الأعلى تكلفة والتي تعمل بنظام GPS. وتمثل المسابير الراديوية المستعملة في عمليات الأرصاد الجوية باستخدام المزواة الراديوية أو الرادارات الأولية أبسط تصميم، فتحقق بذلك أقل كلفة

للوحدة. ورغم أن شراء محطة أرضية أكثر تعقيداً يؤدي إلى ارتفاع التكلفة الأولية، فإنه قد يحقق وفورات في تكاليف التشغيل السنوية عندما يتم إنتاج أعداد كبيرة من المسابير الراديوية. ولا تشكل تكاليف القوة العاملة عنصراً حاسماً.

4.5 الاستقلالية عن أنظمة NAVAID الدولية

قد يكون لبعض البلدان أيضاً متطلبات وطنية تستلزم أن تكون أنظمة سبر الهواء الأعلى قادرة على العمل على نحو مستقل عن أنظمة NAVAID الدولية. وقد لا تكون أنظمة NAVAID الدولية متاحة خلال فترات الطوارئ. وفي هذه الحالة، يكون الخيار السليم هو استعمال المزواة الراديوية في النطاقات 680 1 MHz أو الرادارات الأولية في النطاق 403 MHz.

5.5 ازدحام الطيف

في أجزاء من العالم لا يكفي نطاق واحد لتلبية احتياجات مستعملي MetAids. وفي هذه المناطق يستخدم النطاقان معاً لتوفير طيف كافٍ للعمليات السينوبتيكية، وعمليات الدفاع، وبحوث الغلاف الجوي والتطبيقات الأخرى.

6.5 التحسينات الراهنة لكفاءة الطيف

إحدى وسائل تحسين كفاءة الطيف للمسابير الراديوية هي تطوير استخدام القياس الرقمي من بُعد. وتتمثل مزايا هذه الأنظمة أساساً في انخفاض شغل عرض النطاق الذي يسمح بالاستخدام المتزامن للطيف بواسطة المسابير الراديوية. ويحدد العمل بمعيار ETSI للمسابير الراديوية (النوع B في الجدول 4) التغيُّر في التردد بما لا يتجاوز ± 20 kHz عندما يكون النطاق المشغول 200 KHz.

لقد اضطرت بلدان أوروبا الغربية التي تشغل شبكات كثيفة خلال العقد الماضي إلى استخدام إما مرسلات بلورية متحكم فيها أو مرسلات ثابتة منتقاة خصيصاً لدعم العمليات الروتينية.

وسوف تستمر بعض البلدان في استعمال LORAN-C كطريقة لتحديد سرعة الريح واتجاهها لأنها أقل كلفة من النظام GPS، وسيكون تشغيل الشبكة الكثيفة جداً (أي بمباعدة تبلغ 100 km) صعباً بسبب العرض الكبير لنطاق المسابير الراديوية LORANC-C.

وتشجع المنظمة العالمية للأرصاد الجوية أقاليم أخرى في العالم تستعمل رادارات بعروض نطاقات كبيرة جداً لتحديد سرعة الريح واتجاهها على تنفيذ أنظمة لها نطاقات عرض أقل بسبب الحاجة إلى تقاسم الطيف الراديوي مع أنظمة أخرى. ولم تستعمل بعد أنظمة النطاق 680 1 MHz في الشبكات مع هذه المسافات القريبة من المباعدة وليست التطورات المقابلة في استقرار المرسل مطلوبة من الموردين الأساسيين بعد، ومن ثم توجد إمكانية لتحسين استخدام الطيف في هذا النطاق في تلك الأجزاء من العالم التي تحتاج إلى أكثر من 8 MHz تقريباً نظراً إلى إمكانية إدخال تغييرات على جدول زمني لا يؤدي إلى زيادة كبيرة في تكاليف المسابير الراديوية التي يتم توريدها.

إن أي اقتراح لتقطيع النطاق لا بد له أن يأخذ في الاعتبار حقيقة أن النطاقات الموزعة عالمياً على خدمة MetAids على أساس أولي ليست متيسّرة لهذه الخدمة في كل البلدان. وعلى سبيل المثال، في أستراليا، على الأقل نصف النطاق 403 MHz ليس متيسّراً حالياً لخدمة عمليات MetAids.

7.5 الكشف عن الأخطاء/تصويب الأخطاء

يمكن تحسين الكفاءة الطيفية للأنظمة الرقمية MetAids عن طريق استعمال مرسل ذي قدرة إرسال منخفضة ما دام يمكن المحافظة على أداء توفر البيانات. وتتمثل إحدى وسائل تحسين معدل الخطأ في البتات (BER) في استخدام التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC). ويضيف التشفير بتات إلى البيانات عند المرسل، تستخدم في الاستقبال في الكشف عن الأخطاء؛ مثل التشفير الفدري، أو بعبارة أكثر تحديداً، التشفير بطريقة Reed-Solomon. ويستخدم التشفير بطريقة Reed-Solmon على

نطاق واسع في الاتصالات الرقمية المعاصرة كما في حالة الأقراص المدمجة والاتصالات الرقمية والساتلية. وتؤدي شفرة تصويب الخطأ في البتات إلى تحسين أداء وصلة القياس عن بُعد.

وتحدد شفرة Reed-Solomon في الشكل RS(n, k)، حيث n تمثل طول كلمة الشفرة وk تمثل عدد رموز البيانات. ويأخذ المشفّر k من رموز البيانات لـ s من البتات ويضيف إليها رمزاً للتعادلية لتكوين كلمة شفرية طولها n. ويوجد n-k من رموز التعادلية لـ s من البتات. وعموماً يمكن حساب أقصى طول للكلمة الشفرية من المعادلة $n = 2^S - 1$. وقد يصحح جهاز التشفير بطريقة Reed-Solomon عدداً يصل إلى t من الرموز المحتوية على أخطاء من الكلمة الشفرية، حيث $2t = n - k$. ويمكن أن يوفر التشفير بطريقة Reed-Solomon تحسيناً في أداء الوصلة يراوح 5 dB.

6 متطلبات التوفر لعمليات MetAids

عدم توفر الوصلة الراديوية هو السبب الرئيسي في عدم توفر البيانات إذا تم استثناء أعطال المسبار الراديوي أو انفجار البالون قبل إنجاز المهمة، وأدى الانفجار إلى إعادة عملية السبر. والسببان الرئيسيان لتردي توفر الوصلة الراديوية، هما ظروف الانتشار والتداخل.

وخلافاً لأنظمة الاتصالات التي ينتشر فيها عدم التوفر إحصائياً على كامل فترة التشغيل، يتركز عدم التوفر في أنظمة المسابير الراديوية أساساً في الجزء الأخير من القياسات عندما يصل المسبار الراديوي إلى أقصى ارتفاع له من سطح الأرض ويكون عادة عند أكبر مسافة مائلة من المستقبِل.

ويتم التحكم في ميزانية وصلة المسبار الراديوي في الغالب عن طريق المسافة بين المسبار الراديوي والمستقبِل، وهي مسافة تزيد عموماً مع زيادة الارتفاع. وأي انخفاض في توفر وصلة المسبار الراديوي لأي سبب من الأسباب (التداخل، مثلاً) يؤثر أساساً في القياسات المأخوذة عند الارتفاعات العالية التي تمثل أهم جزء في البيانات التي تجمع (والتي تفقد نتيجة عدم الإطناب في الإرسال)، ومن ثم يحد في الواقع من نطاق تشغيل المسبار الراديوي.

وتُجري أنظمة المسابير الراديوية قياسات في الموقع للضغط الجوي ودرجة الحرارة والرطوبة النسبية (PTU). ويتم تعيين سرعة الريح واتجاهها إما باستخدام إحدى طرائق المساعد NAVAID أو تحديد زوايا الاتجاه راديوياً (RDF) بقياس زاويتا السمت والارتفاع للمسبار الراديوي بالنسبة لهوائي الاستقبال.

وبالنسبة للمسابير الراديوية التي تعمل في النطاق 680 1 MHz، تؤدي الخسارة في الإشارات التي تزيد عن 10 ثوان عادة إلى خسارة في تتبُّع المستقبِل الأرضي. وقلّما يُستعاد أي مسبار راديوي يفقد تتبُّع مسيره ومن ثم تفقد جميع المعلومات التي تم الحصول عليها من عملية الطيران، حتى إذا اختفت الإشارة المسببة للتداخل. ويتتبع المستقبل الراديوي الإشارة التي لها أكبر اتساع في عرض نطاقها الآني (1,3 MHz).

1.6 ظروف الانتشار

تتعلق التوصية ITU-R P.528 بـ "منحنيات الانتشار للخدمات المتنقلة للطيران وللملاحة الراديوية للطيران باستعمال النطاقات VHF وUHF وSHF. وبصفة خاصة، يتم توفير ظروف الانتشار في النطاقين 300 و200 1 MHz تتفق بدرجة معقولة مع الاختبارات الميدانية التي تؤدى في النطاقين 403 و680 1 MHz.

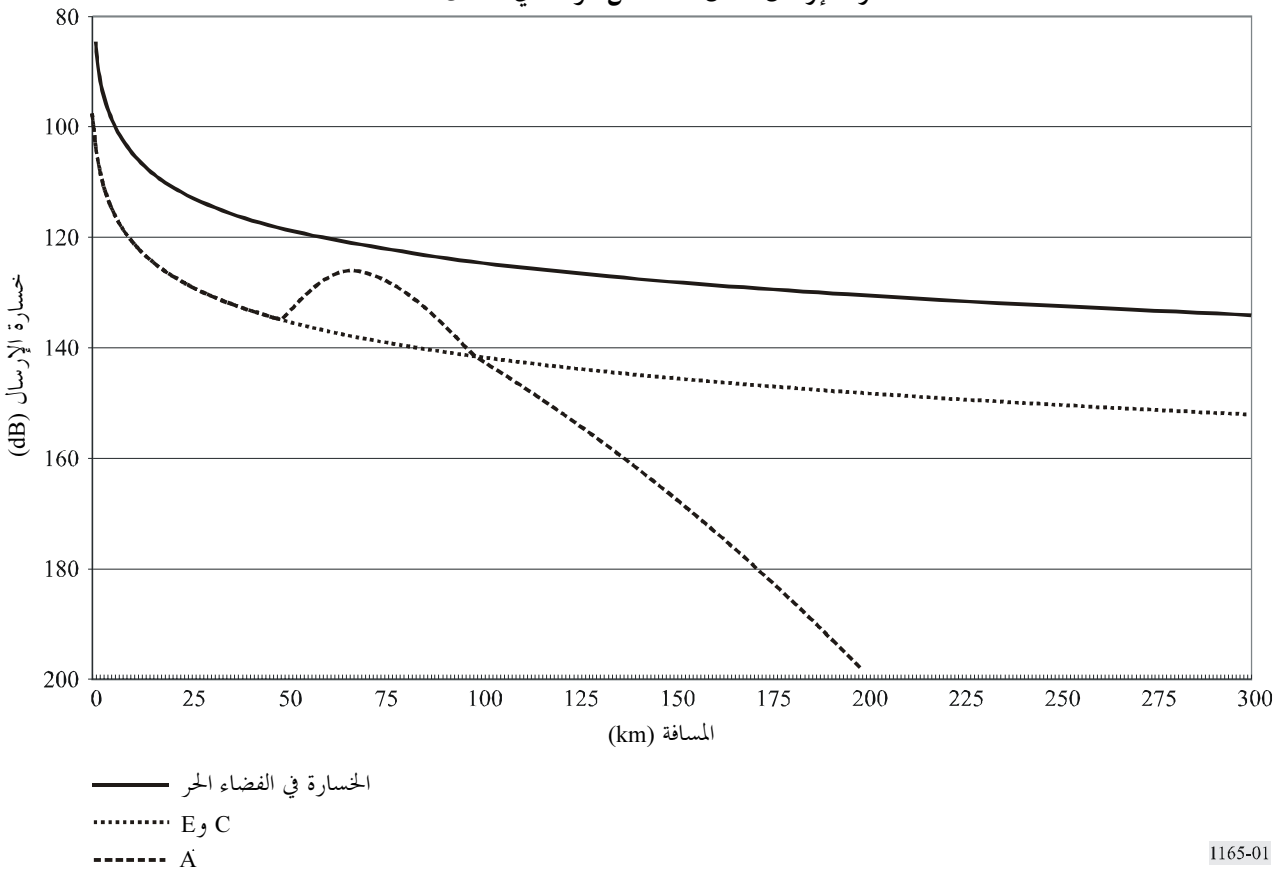
ويبين الشكلان 1 و2 عمليات استكمال خارجي لمنحنيات خسارة الإرسال من التوصية ITU-R P.528 لحالة معينة لمسابير راديوية في ظل الفروض التالية:

- توفر الوقت بنسبة 97% (استخدمت صيغة مستمدة من التوصية ITU-R P.618 للاستكمال الخارجي من نسبة توفر 95% بصورتها الواردة في التوصية ITU-R P.528)؛
- مناخ قاري معتدل؛
- حد أقصى قدره 300 km لمسافة المسير المائل؛

- سيناريوهات لارتفاع الهوائي A وC وE تناظر هوائي استقبال 15 m، وارتفاعات هوائي إرسال قدرها 1 000 و10 000 و20 000 m، على التوالي؛
- توهين إضافي قيمته 2,6 و2,9 dB على التوالي، في النطاقين 403 MHz و1 680 MHz، على التوالي، لمراعاة الفرق في التردد مقارنة بالترددات الواردة في التوصية ITU-R P.528.

الشكل 1

خسارة الإرسال خلال 97% من الوقت في النطاق 403 MHz



ويلاحظ من هذين الشكلين، أنه في حدود المسافات الممثِّلة لتشغيل المسابير الراديوية، يوجد تشابه بين المنحنيين C وE. بالنسبة للمنحنى A الذي يُناظر ارتفاعاً للمسبار الراديوي قدره 1 000 m، تحدث خسارات إرسال متماثلة حتى 50 km تقريباً، أما في المسافات الكبيرة فيمكن ملاحظة وجود تغير منتظم. غير أن الاحتمال الراجح هو أنه عند ارتفاع 1 000 m، ستكون مسافة المسير المائل للمسبار الراديوي أقل من 50 km، مما يعني أنه، بالنسبة لنطاقي التردد، ستكون منحنيات الانتشار المتصلة بهذا الارتفاع للمسبار الراديوي مماثلة لمنحنى الانتشار للارتفاعات الأعلى، كما في المنحنى المرسوم باللون الأزرق.

وعلى هذا الأساس، يوفر الشكلان التاليان الهامش الضروري لعمليات المسبار الراديوي بنسبة توفر قدرها 95%، التي تمثل الفرق بين منحنيات الخسارة في الفضاء الحر ومنحنيات خسارة الإرسال.

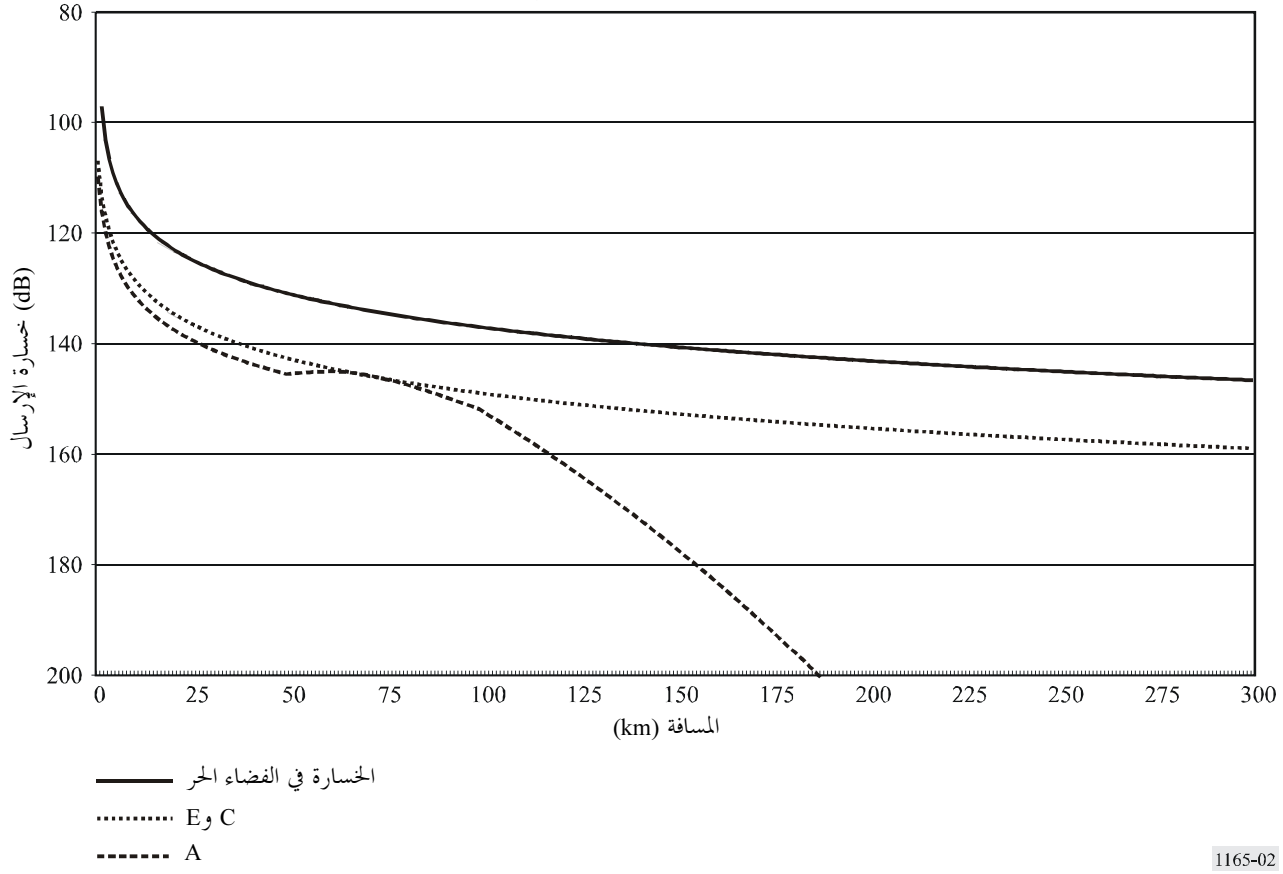
2.6 فترات الطيران الحاسمة

عموماً، توجد فترات زمنية في جميع عمليات الطيران للمسابير الراديوية تكون فيها البيانات أكثر أهمية من الفترات الأخرى. غير أنه لا يمكن تحديد هذه الفترات الزمنية من حيث الوقت أو الارتفاع. والمثال الوارد في الشكل 1 مقتبس من دليل المنظمة العالمية للأرصاد الجوية/الاتحاد الدولي للاتصالات المعنون "استخدام الطيف الراديوي في الأرصاد الجوية" (طبعة 2002). وهو يقدم تمثيلاً بيانياً لدرجة الحرارة والرطوبة من طيران لمسبار راديوي. ورغم أهمية استقبال البيانات طوال فترة الطيران، فإن

البيانات التي تفقد أثناء حدوث تغير مفاجئ في قيم درجات الحرارة أو الرطوبة أو الرياح في المناطق الممثلة بدوائر في الشكل 5) يمكن أن تؤثر تأثيراً ملموساً على قدرات التنبؤ لعدم إمكانية تحديد هذه النقاط الانتقالية. وبالنسبة لدراسات التداخل، ينبغي أن يفترض أن كامل بيانات المخطط متساوية في الأهمية.

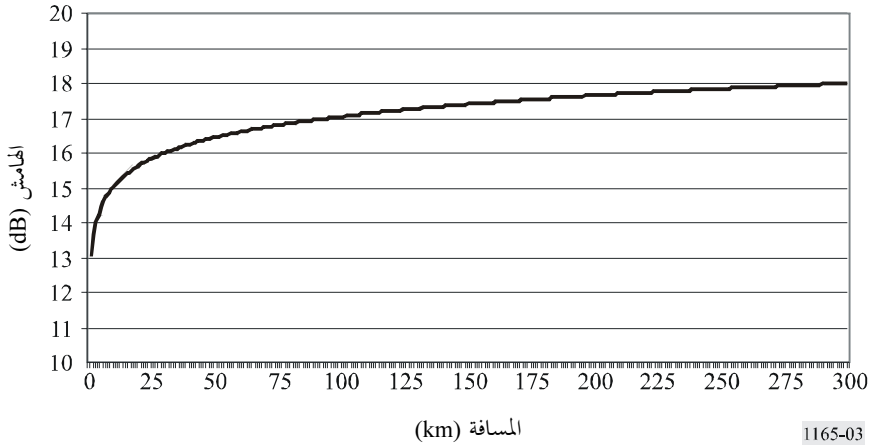
الشكل 2

خسارة الإرسال خلال 97% من الوقت في النطاق MHz 1 680



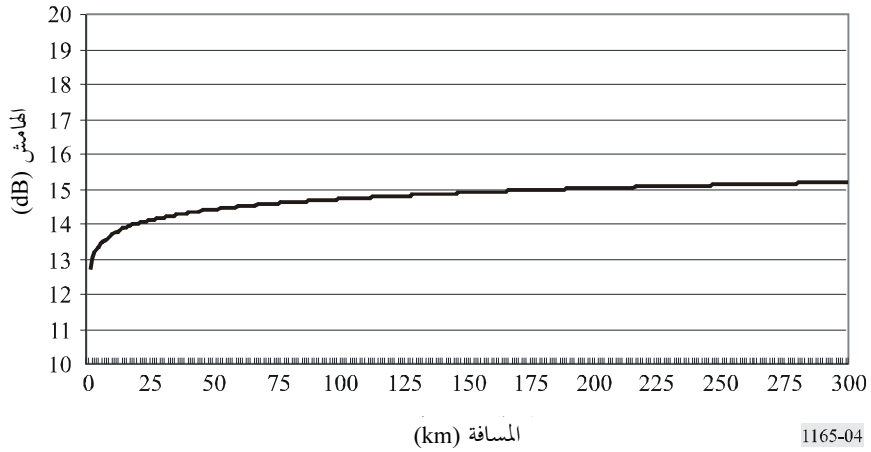
الشكل 3

الهامش الضروري لنسبة 97% من الوقت في النطاق MHz 403



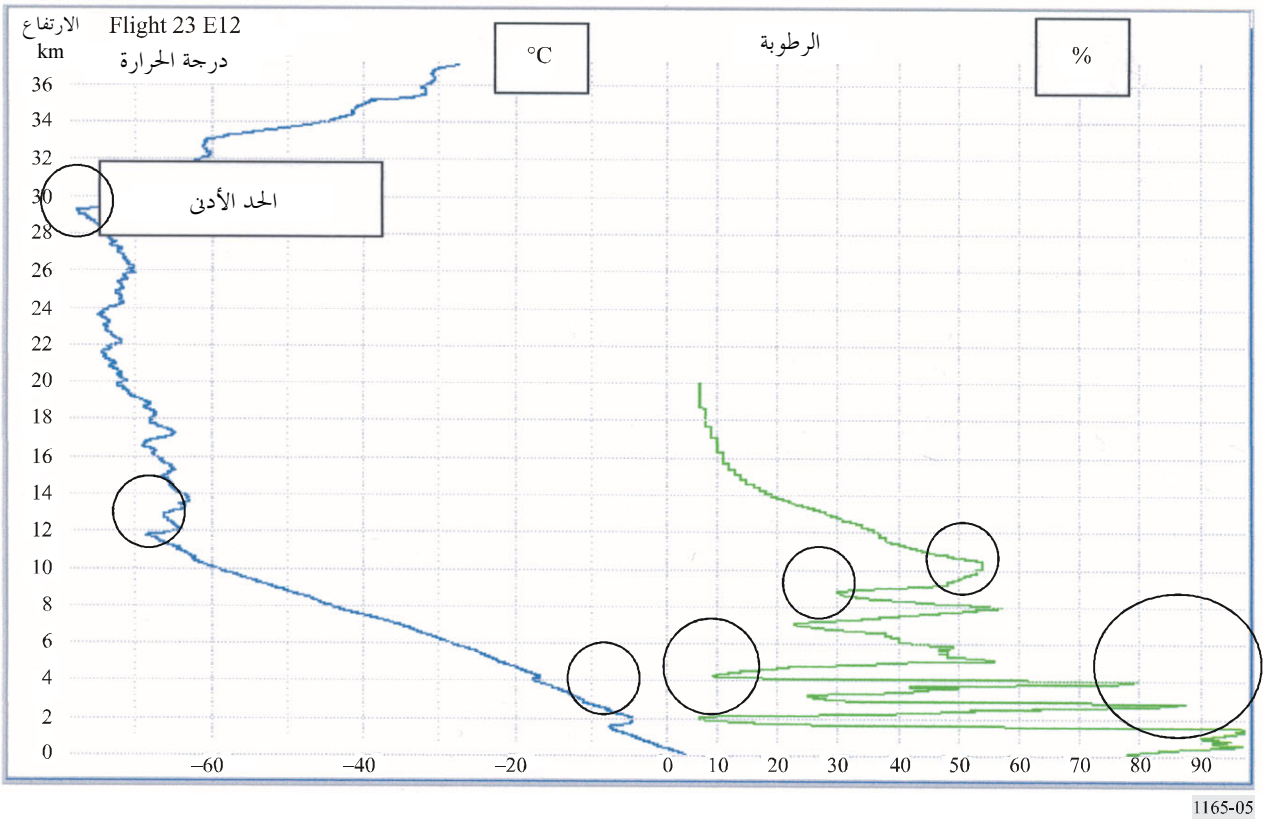
الشكل 4

الهامش الضروري لنسبة 97% من الوقت في النطاق MHz 1 680



الشكل 5

نموذج لتمثيل بياني لمخطط درجة الحرارة والرطوبة لمسبار راديوي



6.3 متطلبات التوفر لبيانات مسبار راديوي في عمليات سينوبتيكية

تتغير متطلّبات توفر البيانات حتى داخل الشبكات السينوبتيكية. وفي حين أنه قد توجد متطلبات أخرى يحددها كل مرفق من مرافق الأرصاد الجوية، فإنه توجد لأغراض هذه التوصية ثلاث فئات مختلفة، تشمل الفئة الأولى جميع أنظمة المسابير الراديوية التي تعمل في النطاق 403 MHz. وهذه الأنظمة ممثلة في القسم 7 بالنظامين A وB. وتمثل الفئة الثانية أنظمة المسابير الراديوية القديمة التي تعمل في النطاق 680 1 MHz. والأنظمة الواقعة في هذه الفئة ممثلة في القسم 7 بالنظامين C وD. الفئة الثالثة هي فئة أنظمة جديدة يجري نشرها في نطاق التردد 680 1. ويقع النظام E في القسم 7 في هذه الفئة.

1.3.6 أنظمة المسابير الراديوية العاملة في النطاق 403 MHz

متطلبات الأنظمة العاملة في النطاق 403 MHz مختلفة إلى حد ما.

بالنسبة للمسابير الراديوية التماثلية العاملة في النطاق 403 MHz، يكون الحد الأقصى 4 دقائق مقبولاً للفترات التي تفقد خلالها بيانات الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة والرياح. وخلال فترات فقد البيانات هذه يقوم نظام التجهيز في المسبار الراديوي بالاستكمال الداخلي للقيم المفقودة. وبمجرد أن تتجاوز فترة فقد البيانات 4 دقائق، تعتبر البيانات مفقودة، ولا تستخدم البيانات المأخوذة خلال هذه الفترات في أي نواتج. وبافتراض أن عملية الطيران تستغرق 120 دقيقة، فإن هذه الدقائق الأربع من الوقت غير المتاح تترجم إلى نسبة توفر تبلغ 97%. ويستخدم النظام معياراً إضافياً إذا تجاوزت فترة فقد بيانات الرياح للنظام GPS 30 دقيقة من السطح، فإنه يمكن تحديد موعد جديد للطيران. ويحظى توفر البيانات بنفس القدر من الأهمية على جميع المستويات طوال فترة الطيران. وبعد استعراض عيّنة من بيانات المسابير الراديوية لنحو 000 65 عملية طيران، وجد أن توفر البيانات بالنسبة للضغط ودرجة الحرارة، والرطوبة، والرياح تبلغ 98,5%.

وبالنسبة للمسابير الراديوية الرقمية الحديثة، التي تعمل في النطاق 403 MHz، ما زال المستعملون يستعرضون المتطلب المتعلق بتوفر البيانات. غير أن المتطلبات التقريبية هي كما يلي:

- لا يُقبل أيُّ فقد للبيانات أثناء إطلاق مسبار راديوي (أقل من 100 m)؛
- بالنسبة لبيانات سرعة الريح؛
- من 100 m إلى 3 km فوق سطح الأرض يجب أن تكون نسبة توفر البيانات 97% على الأقل؛
- من 3 km إلى نهاية الطيران، يجب ألا تقل نسبة توفر البيانات عن 95%؛
- بالنسبة لبيانات الضغط، ودرجة الحرارة، والرطوبة، والرياح، يجب ألا تقل نسبة التوفر عن 96% لطيران مدته 120 دقيقة،
- وإضافة إلى ذلك، فإن الفقدان المستمر للبيانات لأكثر من 5 دقائق غير مقبول.

وفي الوقت الراهن تستخدم الغالبية العظمى من المستعملين الذين يقومون بعمليات في النطاق 403 MHz المسابير الراديوية التماثلية القديمة. وسوف تمثل التكلفة المرتفعة للمسابير الراديوية الرقمية وطول الفترة الزمنية اللازمة لنشر تكنولوجيا المسابير الراديوية عاملاً محدداً في استعمال المسابير الراديوية الرقمية في المستقبل القريب. وينبغي أن يُؤخذ النشر الفعلي لكل من المسابير الرقمية والتماثلية في الاعتبار.

وأخيراً، وباختصار، يبدو أن متطلب توفر البيانات لكل من أنظمة المسابير التماثلية والرقمية في النطاق 403 MHz هو 97%.

2.3.6 أنظمة المسابير الراديوية القديمة العاملة في النطاق 680 1 MHz

يتضمن الجدول 2 قائمة بمتطلبات التوفر المقترحة لوصلة مسبار راديوي تنطبق على أنظمة المسابير الراديوية القديمة العاملة في النطاق 680 1 MHz. ولتحقيق الغرض من هذه الأنظمة يجب استيفاء جميع الحدود الواردة في عمود فقدان البيانات. والأرقام غير تراكمية؛ وينطبق كل متطلب على الفترة الزمنية المحددة فقط. وإضافة إلى المتطلبات الواردة في الجدول 2، فإن البيانات المفقودة و/أو المرفوضة المتعلقة بالضغط أو درجة الحرارة يجب ألا تحدث لفترة تزيد عن ثلاث دقائق متعاقبة خلال أي نقطة في الطيران.

الجدول 2

أهداف أداء العمليات السينوبتيكية للمسابير الراديوية بصورتها المستعملة في أمريكا الشمالية

وقت الطيران (بالدقائق)	الحد الأقصى لفقدان البيانات لما لا يزيد عن 2% من عمليات السبر (لكل موقع، لكل شهر[1])
120-0 (كامل وقت الطيران)	15 دقيقة (12,5%)
5-0	60 ثانية (20%)
15-5	(2) دقيقتان (20%)
30-15	3 دقائق (20%)
60-30	6 دقائق (20%)
120-60	12 دقيقة (20%)

[1] عمليات السبر التي لا تستوفي متطلب 2% تعتبر عمليات طيران فاشلة وتستلزم إطلاقاً ثانياً إذا تقرر أنه حدث إخفاق خلال 30 دقيقة بعد الإطلاق. وتُصنّف عمليات الطيران التي لا تستوفي المتطلبات بعد 30 دقيقة من الوقت على أنها عمليات طيران فاشلة.

وينطبق هدف توفر البيانات المحدد على فقدان البيانات من جميع المصادر (التداخل، وخطأ المشغل، وإخفاق المعدات، وإخفاق المسبار الراديوي، وخطأ محساس البيانات). وبالنسبة للفترة التي تغطي نهاية الطيران (60-120 دقيقة)، قد يحدث فقدان للبيانات حدّه الأقصى 20%. وعلاوة على ذلك، فإن عدم إكمال أي عملية طيران لا تكتمل حتى نقطة إتمامها بعد 120 دقيقة، تصنف أيضاً على إنها إخفاق. وهناك عوامل كثيرة قد تؤدي إلى تقليص طول فترة الطيران، بما في ذلك التداخل. ويتسبب التداخل عادة في إخفاق نظام المستقبل في التقاط الإشارة المرغوبة. وإذا لم يتم التقاط الإشارة مرة أخرى خلال وقت كافٍ (نحو ثانية واحدة أو أقل)، فإن التحكم الأوتوماتي في تردد (AFC) المستقبل يعيد المستقبل إلى إشارة أخرى ذات قوّة كافية لتحقيق التقاط المستقبل. وفي أنظمة RDF تزداد المشكلة تفاقماً بفقدان هوائيات RDF التي لها عرض حزمة ضيق لحركة المسبار الراديوي. وبالنسبة لهذا النظام بالذات، قد يحدث فقدان للطيران عندما تزيد خسائر الوصلة عن 0,8 ثانية.

3.3.6 الأنظمة الحديثة العاملة في النطاق 1 680 MHz

استفادت الأنظمة التي يجري نشرها حالياً، والتي نُشرت خلال السنوات الأخيرة في النطاق 1 680 MHz من التكنولوجيات الجديدة في تحسين خصائص RF لأنظمة المسابير الراديوية وأدائها. وكانت هذه التغييرات مطلوبة من أجل زيادة توفر البيانات ودقتها لاستخدامها في النماذج الأكثر تعقيداً والحساسة للفقدان الكبير للبيانات. وقد صمم أحد الأنظمة المتخذة كنموذج بهدف توفر قدرة 98%. وأظهرت الاختبارات أن هذا النظام يفي بمتطلّب التوفر هذه. وكما هو الحال في الأنظمة القديمة، تنطبق قيمة التوفر على جميع مصادر البيانات المفقودة. ويجب تقسيم النسبة القصوى لعدم التوفر البالغة 2% بين جميع مصادر فقد البيانات، بما في ذلك أخفاق الوصلة بسبب الخبو والتداخل.

وفي النطاق 1 680 MHz، يجري نشر أنظمة لها خصائص أخرى ومتطلبات توفر بيانات أخرى. وحددت المنظمة العالمية للأرصاد الجوية مجموعتين إضافيتين من المتطلبات ينبغي أخذهما في الاعتبار.

ينطبق المتطلّب الجديد الأول على نظام مسبار راديوي مكوّن من مسبار راديوي من النوع E ونظام استقبال E. ونص متطلب توفر البيانات كما يلي:

- جميع المسابير الراديوية لن يزيد مجموع ما تفقده عن 4 دقائق من بيانات الأرصاد الجوية خلال طيران مدته 120 دقيقة لمسبار راديوي يرتفع بمعدل 50 ± 300 متراً في الدقيقة لمدى مائل يبلغ 250 km. أما بالنسبة لعمليات الطيران التي تقل مدتها عن 120 دقيقة بسبب انفجار البالون أو المدى الزائد، فسوف يكون مجموع فقد البيانات المسموح به هو نسبة الوقت الفعلي للطيران بالدقائق مقسوماً على 120 مضروباً في الحد الأقصى لفقد البيانات المبين هنا للبيانات الديناميكية الحرارية أو سرعة الرياح وللبيانات المتعلقة بموضع المسبار الراديوي.

– إضافة إلى ذلك، وبالنسبة لفقد البيانات في قطاعات صغيرة، لا يفقد النظام أكثر من 15 ثانية من الضغط أو درجة الحرارة، أو الرطوبة النسبية أو الموضع GPS أو سرعة الرياح خلال أي فترة مدتها 5 دقائق من وقت الطيران وعدم تحقيق أيٍّ من هذه المتطلبات يؤدي إلى عدم نجاح الطيران.

ينطبق المتطلب الثاني الذي حددته المنظمة العالمية للأرصاد الجوية على نظام لا ترد مراجع بشأنه في هذه التوصية. ويكون هذا النظام عرضةً لفقد البيانات خلال المرحلة الأولية للصعود حتى 1 km (نحو 200 ثانية بعد الإطلاق)، حيث يمكن أن يُسفر الارتفاع الشديد للسرعة الزاوية لحركة المسبار الراديوي تحت ظروف اشتداد الريح وعدم ملاءمة الجيومترية إلى عدم نجاح المتابعة في وجود تداخل. وقد يؤدي ذلك إلى ضعف أو فقدان بيانات الريح بالنسبة للطبقة الحدودية. وفوق ارتفاع 1 km، يعتبر فقد اثنين أو أكثر من السويات المعيارية المتساوية الضغط (نحو 10-15 دقيقة) فقداً غير مقبول للبيانات ويؤدي إلى إنهاء معالجة البيانات. ويتم وضع علامة مفقود مقابل الثغرات في المنحنى الجانبي إذا زادت عن 20 hPa. وتبين الخبرة العملية أن مستوى فَقْد البيانات لهذا النظام، تحت الظروف العادية، يكون من الضآلة بحيث يمكن إهماله بالنسبة للقياس عن بُعد والمتابعة.

وأخيراً، فإن الخلاصة هي أنه يبدو أن متطلب توفر البيانات لأنظمة المسابير الراديوية الحديثة في النطاق 1 680 MHz هو 98%.

4.6 ملخص متطلّبات توفر البيانات

الجدول 3

معايير أداء الأنظمة التي تعمل في خدمة مساعدات الأرصاد الجوية

النظام	مكان المستقبِل	الحد الأقصى لمدى الوصلة (km)	الحد الأدنى لقيمة S/N للنظام (dB)	متطلب توفر البيانات طوال فترة الطيران (%)	متطلب توفر البيانات على الأجل القصير
نظام مسبار راديوي RDF يعمل في النطاق 1 680 MHz	الأرض	250	12	87,5	انظر الفقرة 2.3.6
نظام مسبار راديوي GPS يعمل في النطاق 1 680 MHz	الأرض	250	12	97	15 s/5mn (%95)
نظام مسبار راديوي NAVAID يعمل في النطاق 403 MHz بهوائي استقبال عالي الكسب	الأرض أو السفينة	250	12	97	–
نظام مسبار راديوي NAVAID يعمل في النطاق 403 MHz بهوائي استقبال منخفض الكسب	الأرض أو السفينة	150	12	97	–
نظام مسبار راديوي NAVAID يعمل في النطاق 403 MHz بهوائي استقبال عالي الكسب ومستقبِل رقمي	الأرض أو السفينة	250	7	97	–
نظام مسبار راديوي NAVAID يعمل في النطاق 403 MHz بهوائي استقبال منخفض الكسب ومستقبِل رقمي	الأرض أو السفينة	250	7	97	–

7 خصائص الاتصالات الراديوية للأنظمة الحالية للمسابير الراديوية

تتكون أنظمة المسابير الراديوية من مُرسلات مسابير راديوية ومحطات استقبال أرضية تضم مستقبلاً وهوائياً.

1.7 خصائص المُرسل

ترد الخصائص المعتادة لأنظمة المرسل المستخدمة حالياً في النطاق 403 MHz والنطاق 680 1 MHz في الجدولين 4 و5:

الجدول 4

خصائص الاتصالات الراديوية لمرسلات مسبار راديوي يعمل في النطاق 463 MHz

المعلمة	النوع A (تماثلي)	النوع B (رقمي)
مدى التوليف (MHz)	406–100,15	406-400,15
أقصى انسياق للطيران (kHz)	±800	±20
قدرة الخرج الاسمية (dBm)	±24,0	±23,0
الكسب الأقصى للهوائي (dBi)	2	2
نمط إرسال في القطاع ITU-R	F9D	
التشكيل	FM	GMSK
الإشارة المشكلة PTU (kHz)	10-7	غير منطبق
انحراف الإشارة PTU (kHz)	15 ± 45	4,8
الانحراف الناجم عن وصلة الإرسال VLF/Loran-C (kHz)	100/300	غير منطبق
عرض نطاق مشغول مع Loran-C (kHz) (سوية –40 dBc)	480	غير منطبق
عرض نطاق مشغول مع GPS (kHz) (سوية –40 dBc)	200	200
معدل المعطيات المكافئ للإشارة PTU (bit/s)	200 1[1]	غير منطبق
معدل المعطيات المكافئ للإشارة PTU وGPS (bit/s)	2 400	**2 400**
الإرسال خارج النطاق (dBc)	–43 >	**–43 >**

(1) المقصود بالمعلومات المتعلقة بمعدل الإرسال هو بيان المعدل الفعلي للبيانات التي تم نقلها من المسبار الراديوي إلى المستقبِل الأرضي. وبسبب حالة التقنيات الراهنة المستعملة للتشكيل في المسابير الراديوية حالياً فإن المسألة تحتاج إلى مزيد من الدراسة لتقدير هذه القِيَم.

الجدول 5

خصائص الاتصالات الراديوية لمُرسلات مسبار راديوي يعمل في النطاق MHz 1 680

المعلمة	النوع C (تماثلي)	النوع D (تماثلي)	النوع E (رقمي)
مدى التوليف (MHz)	1 700-1 668,4	1 700-1 668,4	1 683-1 675
أقصى انسياق للطيران (MHz)	4±	4±	1±
قدرة الخرج الاسمية (dBm)	24,0+	24,0+	23,8+
الكسب الأقصى للهوائي (dBi)	2,0	2,0	2,0
الكسب الأقصى للهوائي	10– >	10– >	4–
التشكيل	AM، 100%	FM	FSK
الإشارة المشكلة PTU (kHz)	1,0-0,7	10-7	لا ينطبق
الانحراف	لا ينطبق	45 ± 15	kHz 50 >
تحديد سرعة واتجاه الريح	كشف زوايا الاستقبال	كشف زوايا الاستقبال	GPS
عرض النطاق المشغول	MHz 0,5: dBc 40– MHz 1,0: dBc 50–	kHz 180	kHz 120
معدل المعلومات (bit/s)	1 200	1 200	2 400
الإرسال خارج النطاق (dBc)	43– >	43– >	48– ≥

2.7 أنظمة الاستقبال

1.2.7 النطاق MHz 403

ترد في الجدول التالي الخصائص النمطية للمستقبِلات المستخدمة حالياً في النطاق MHz 403.

الجدول 6

خصائص المستقبِلات في النطاق MHz 403

المعلمة	النظام A	النظام B
النوع	تماثلي	رقمي
مدى الترددات (MHz)	406-400,15	406-400,15
الحساسية (dBm للقيمة المطلوبة لـ S/N أو E_b/N_o)	104–	124–
قيمة S/N المطلوبة	dB 12	غير منطبقة
قيمة E_b/N_o المطلوبة	غير منطبقة	dB 9,6
AGC (dB)	110	غير منطبقة
عرض النطاق IF (kHz)	300	6
نوع المسبار الراديوي	A	B

وبغض النظر عن مُرسل المسبار الراديوي، فإنه يمكن إقران هذه المستقبلات بهوائيات نمطية مختلفة على النحو المبين في الجدول 7.

الجدول 7

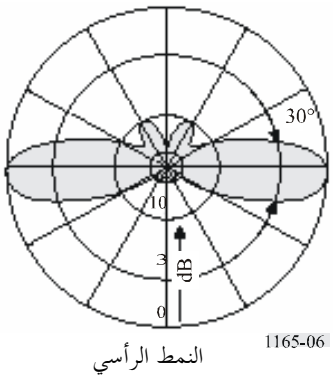
خصائص الهوائيات التي تعمل في النطاق 403 MHz

	الهوائي 1	الهوائي 2	الهوائي 3
النوع	**شامل الاتجاهات (ثنائي الأقطاب، المستوى الأرضي)**	**عواكس اتجاهية عند الزوايا، ست زوايا**	**Kathrein**
مدى الترددات (MHz)	409-397	406-400	406-400
الكسب الأفقي (dB)	شامل الاتجاهات	8	2,15
الكسب الرأسي (dB)	شامل الاتجاهات	3–	15–
عامل ضوضاء المكبّر (dB)	3,5 >	2,5 >	3,0 >
كسب المكبّر (dB)	13	20	20
خسارة إدخال مرشح تمرير النطاق	غير منطبق	0,5	0,5
عرض نطاق مرشح تمرير النطاق	غير منطبق	MHz 406-400	MHz 406-400

الهوائيات A وC يغطيان جميع الاتجاهات في المستوى الأفقي ومن ثم لا يلزم تحريك الهوائي أو تبديل أي عنصر من أجل تتبُّع إشارة المسبار الراديوي. الهوائي B يتكون من مجموعة عاكسة ذات ست زوايا وهوائي ثنائي القطب. يتم تبديل العاكسات ذات الزوايا والهوائي الثنائي القطب باستخدام مفتاح ثنائي المسرى بحيث يُوصَل بالمستقبِل بأنسب العناصر لتحقيق أفضل استقبال.

الشكل 6

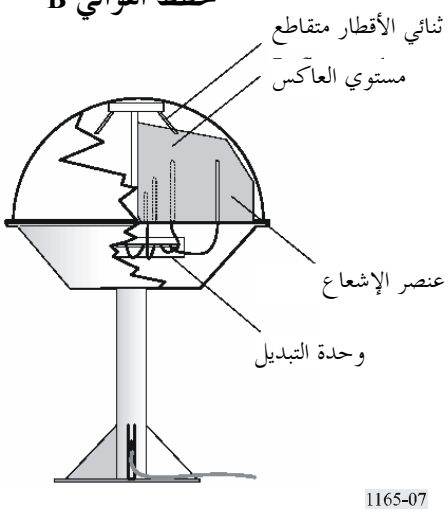
نمط إشعاع الهوائي C



النمط الرأسي

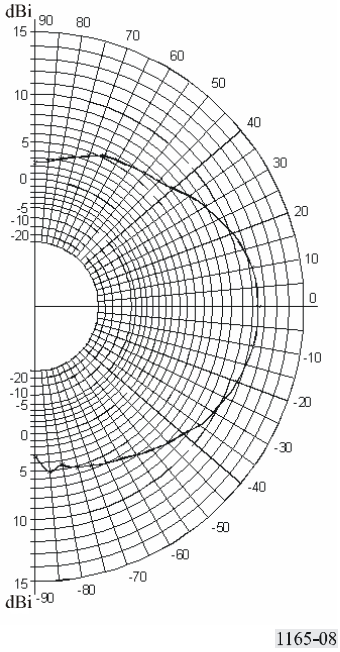
الشكل 7

مخطط الهوائي B



الشكل 8

نمط الإشعاع (المستوي–H، بزاوية 12°) من الهوائي B



2.2.7 النطاق MHz 1 680

يبين الجدول 8 الخصائص النمطية لأنظمة الاستقبال المستعملة حالياً في النطاق MHz 1 680.

الجدول 8

خصائص أنظمة الاستقبال في النطاق 680 1 MHz

	النظام C	النظام D	النظام E
النوع	صفيف مطاور	مسح مخروطي	مسح مخروطي[1]
مدى الترددات (MHz)	1 700-1 668,4	1 700-1 668,4	1 700-1 668,4
تغطية حزمة (3 dB) (بالدرجات) (أفقياً)	20	8,8	8,0
(رأسياً)	15	8,8	8,0
الكسب (dBi)	16	28	26
التوهين في الفصوص الجانبية (dB)	> 20 باتجاه الانعكاس المرآوي على الأرض على مستو مسطّح بزاوية ارتفاع > 14°	من 15 ± 60° من زاوية التسديد	> 20
الحساسية (dBm) من أجل 12 dB *S/N*	100–	97–	106,8–
تحكم أوتوماتي بالكسب (dB)	110		123
عرض النطاق IF لقياس PTU (kHz)	300	180	150
– لقياس التتبُّع (MHz)	لا يطبق	1,3	150
نوع المسبار الراديوي المستخدم معه	C	D	E

[1] هذا النظام لا يستخدم مسحاً مخروطياً حقيقياً عندما يكون هناك عاكس دوار في قادوس التغذية، يقوم بلفِّ الحزمة الرئيسية حول محور الخطر المركزي للهوائي. ولهذا النظام أربعة عناصر منفصلة في قادوس التغذية تكون أربع حزم منفصلة في كل من الاتجاه العلوي والسفلي والأيمن والأيسر لمقارنة سوية الإشارة ولتتبعها.

8 خصائص الاتصالات الراديوية لأنظمة Dropsonde

المسابير الراديوية Dropsondes هي مجموعة أجهزة استشعار تُحمل على متن طائرة ويتم إسقاطها بمظلة لإعداد بيانات عن الغلاف الجوي. ورغم أنه يمكن استخدام هذه المسابير فوق اليابسة، فإنها تستخدم عادة فوق مناطق من المحيطات يتعذر تشغيل مواقع للمسابير الراديوية عليها. وتستخدم مسابير Dropsondes على نطاق واسع لرصد الأحوال الجوية في العواصف المدارية، والأعاصير المدارية في غرب المحيط الأطلسي وبحر الصين (Hurricanes) و(Typhoons) لأن الطائرات يمكن أن تُسقطها عند نقاط معينة وهي تحلِّق عبر العاصفة. وتبث المسابير Dropsondes البيانات التي يتم الحصول عليها بالمحاسيس (Sensors) إلى مستقبِل على متن الطائرة. وقد تستقبل الطائرة الواحدة بيانات من عدد يصل إلى ثمانية مسابير Dropsondes في نفس الوقت، مما يستلزم استخدام نظام استقبال متعدد القنوات.

وتمر المسابير Dropsondes التي تُسقط من طائرة خلال الغلاف الجوي بسرعة عالية وهي تهبط بمظلة، وفقد البيانات ولو لفترة وجيزة من الوقت يمكن أن يؤدي إلى فقدِ أجزاء كبيرة من البيانات لأجزاء مهمة من الغلاف الجوي. ورغم أن جميع البيانات التي يتم الحصول عليها أثناء الصعود مهمة للغاية، فإن الكثير من التطبيقات تركز تركيزاً إضافياً على آخر نقطة بيانات قبل وصول المسبار Dropsonde إلى السطح. وتمثل آخر نقطة بيانات الظروف على السطح، وهي حاسمة لتطبيقات التنبؤ.

1.8 الممارسات التشغيلية لمسابير Dropsondes

يتم إسقاط مسابير Dropsondes من ارتفاعات تتراوح بين 000 3 و400 21 متر، ويتم تتبُّعها حتى تصل إلى سطح الأرض. وقد تقوم الطائرة التي تنشر مسابير Dropsondes بتتبُّع عدد يصل إلى ثمانية مسابير وتَلقِّي البيانات منها في آن واحد. ويتيح

هذا للطائرة الطيران وفقاً لنمط معين فوق عاصفة، وإطلاق مسابير Dropsondes وجمع البيانات من نقاط رئيسية داخل العاصفة. وتستعمل مسابير Dropsondes النظام العالمي لتحديد المواقع GPS للحسابات المتعلقة بالرياح. ويتم تجميع بيانات GPS من مكان المسبار Dropsonde وإرسالها مع القيم المقيَّسة لبيانات الضغط ودرجة الحرارة والرطوبة.

وأكثر استخدامات مسابير Droposondes شيوعاً هو رصد الظروف الجوية داخل العواصف المدارية والأعاصير المدارية في غرب المحيط الأطلسي (Hurricanes) وبحر الصين (Typhoons). وتتيح المسابير (Dropsondes) إعداد مخطط جانبي للغلاف الجوي داخل العواصف الكبيرة وهي لا تزال بعيدة عن البر. وتكون البيانات حاسمة لرصد قوة العاصفة والتنبؤ بقوتها ومسارها في المستقبل.

كما تُستخدم مسابير Dropsondes على الصعيد العالمي في إجراء بحوث الأرصاد الجوية والمناخية فوق المحيطات واليابسة. وتتيح مسابير (Dropsondes) التطوير السريع لمجموعات محاسيس عالية الكثافة في مناطق يتعذر نشر محطات للمسابير الراديوية فيها. كما يتيح استعمالها إعادة تشكيل هيكل الشبكة استجابة للظروف المتغيرة، التي قد لا تتمكن محطات المسابير الراديوية الموجودة على الأرض من الاستجابة السريعة لها.

2.8 خصائص نظام مسابير Dropsonde

تصمم أنظمة مسابير Dropsonde للعمل مع مستقبِل على متن طائرة. والهوائيات العالية التناحي اللازمة للعمليات التي تُجرى في النطاق 680 1 MHz غير عملية. وتصمم مسابير Dropsondes من أجل العمل في النطاق 403 MHz الموزع على MetAaids حيث يمكن استخدام هوائيات شاملة الاتجاهات منخفضة الكسب.

الجدول 9

خصائص مُرسل مسبار Dropsonde

مدى الترددات	MHz 406-400,15
قدرة خرج المُرسل	dBm 21
نوع الهوائي	قطب وحيد رأسي
كسب الهوائي	dBi 2 عند السمت dBi 10– عند السمت والنظير
التشكيل	FM (BPS FSK 640 وBPS AFSK 1 200)
عرض نطاق الانبعاث	kHz 15
ارتفاع التشغيل	من السطح إلى 400 21 متر

الجدول 10

خصائص مستقبِل مسبار Dropsonde

مدى الترددات (قنوات عديدة)	406-400,15 (قنوات عديدة)
عدد قنوات الاستقبال	8
حساسية المستقبِل (بالنسبة لـ dB 12 *S/N*)	dBm 121–
الحد الأدنى لقيمة *S/N* بالنسبة لاستقبال البيانات	dB 12
عرض النطاق IF (dB 3)	kHz 18
نوع الهوائي	نصف شامل الاتجاهات
ارتفاع التشغيل	من السطح إلى 400 21 متر

3.8 الخطط المستقبلية لمسبار Dropsonde

ينظر حالياً في إدخال عمليات تكييف عديدة على مسبار Dropsonde الحالي من أجل تطبيقات أكثر تقدماً. وستتيح هذه التطبيقات جمع بيانات إضافية وجمع بيانات في مناطق يصعب حالياً جمع بيانات عنها.

التعديل المستقبلي الأول لمسبار Dropsonde هو إدراج القدرة، وهو محمول جواً، ويستعمل لمرة واحدة، على أداء وظيفة إعداد مخطط لتغير درجة الحرارة مع عمق المحيط (AXBT) بمجرد سقوطه في المحيط. وإضافة إلى إعداد مخطط لظروف الغلاف الجوي، سيوفر مسبار Dropsonde المؤهل للقيام بوظيفة AXBT بيانات عن ظروف المحيط، مقدماً للمتنبِّئين بيانات إضافية تستخدم في نماذج التنبؤ.

كما يجري النظر في تطبيقات لنشر مسابير Dropsondes من بالون منساق أو مركبة جوية غير مأهولة. وهذه الأنظمة تتيح جمع بيانات بصورة روتينية في مناطق فوق المحيطات يندر فيها جمع بيانات الآن أو لا تجمع منها بيانات على الإطلاق.

9 خصائص الاتصالات الراديوية لأنظمة Rocketsonde

تستخدم مسابير Rocketsondes بواسطة الوكالات الفضائية ومستعملين آخرين لهم متطلبات من البيانات لا يمكن تلبيتها باستخدام المسابير الراديوية أو مسابير Dropsondes. ومسابير Rocketsonde، شأنها شأن Dropsondes، تجمع بيانات عن الغلاف الجوي أثناء هبوطها عبر الغلاف الجوي. وتختلف مسابير Rocketsondes عن مسابير Dropsondes في أنه لا يتم إسقاطها من طائرة وإنما يتم رفعها بسرعة في الغلاف الجوي على صاروخ صغير يعمل بوقود صلب وتجمع البيانات أثناء عودة مسبار Rocketsonde إلى الأرض معلقاً في مظلة.

1.9 الممارسات التشغيلية لمسابير Rocketsonde

تنشر مسابير Rocketsondes لإجراء قياسات جوية باستخدام صاروخ صغير يعمل بوقود صلب. ويستخدم نوعان من أنظمة Rocketsondes أحدهما للارتفاعات المنخفضة والآخر للارتفاعات العالية. ولا تستخدم هذه المسابير على نطاق واسع، رغم أن استخدامها يكون بالغ الأهمية في الحالات التي يكون فيها أداؤها الفريد في جمع البيانات هو الوحيد الذي يلبي المتطلبات من البيانات.

ويستخدم النوع الذي يعمل عند الارتفاعات المنخفضة لنشر منظومات للقياسات الجوية بسرعة كبيرة على ارتفاع 1 000 متر من أجل إجراء قياسات على الظروف الجوية في الطبقة الحدودية، وفي هذا النوع يتم إطلاق المنظومة المحتوية على أجهزة القياس من جسم الصاروخ عند وصوله إلى نقطة الأوج.

أما النوع الذي يعمل عند الارتفاعات العالية فيستخدم لنشر منظومات للقياس الجوي عند ارتفاعات عالية (فوق 32 km) لا يمكن الوصول إليها باستخدام المسابير الراديوية المحمولة بواسطة بالونات. وبعد الإطلاق يحترق محرك الصاروخ بسرعة عند ارتفاع منخفض (نحو 2 000 متر) وينفصل عن جسم الصاروخ الذي يحمل المسبار Rocketsonde إلى نقطة الأوج (73 إلى 125 km). وعند نقطة الأوج تنطلق حمولة المسبار من جسم الصاروخ وتهبط خلال الغلاف الجوي محمولة بواسطة مظلة. وفضلاً عن بث بيانات الأرصاد الجوية من مسبار Rocketsonde، تصنع المظلة من مادة Mylar معالجة بالألومنيوم تجعل من الممكن تتبُّع الطبقة المغطية للمسبار بواسطة الرادار من أجل إجراء القياسات المتعلقة بالرياح في الغلاف الجوي. والفترة الزمنية التي تنقضي عادة بين نشر المسبار عند نقطة الأوج وانتهاء جمع البيانات عند ارتفاع 14 km هي عادة 100 دقيقة. وتؤدي عملية تتبُّع الطبقة التي تغطي جسم المسبار بواسطة الرادار في نطاق الاستدلال الراديوي وليس في النطاق المخصص لخدمة MetAids.

2.9 خصائص نظام Rocketsonde

تعمل أنظمة Rocketsonde في كل من النطاق 403 MHz والنطاق 1 680 MHz. وتبين الأقسام التالية خصائص الأنظمة التي تعمل في النطاق 403 MHz والنطاق 1 680 MHz.

الجدول 11

مُرسلات مسبار Rocketsonde للارتفاعات المنخفضة الذي يعمل في النطاق 403 MHz

مدىً يوالف (MHz)	406–400,15
قدرة المرسل (dBm)	15,0
التشكيل	GFSK
أقصى ارتفاع (بالنسبة إلى منسوب الإطلاق للمنطقة) (بالأمتار)	~ 1 000
المدى الأقصى (km)	20

للاطلاع على خصائص أنظمة الاستقبال المستخدمة مع أنظمة Rocketsonde العاملة في النطاق 403 MHz، راجع النظام B في الجدول 6. وللاطلاع على أنظمة الهوائيات المستخدَمة مع أنظمة Rocketsondes العاملة في النطاق 403 MHz، راجع الهوائي 1 في الجدول 7.

الجدول 12

مُرسِلات أنظمة Rocketsonde العاملة في النطاق 680 1 MHz

مدىً يوالف (MHz)	1 684-1 680
قدرة المرسل (dBm)	26,5
التشكيل	FM
أقصى ارتفاع (بالنسبة إلى منسوب الإطلاق للمنطقة) (بالكيلومترات)	82

الجدول 13

نظام الهوائي/المستقبِل لمسبار Rocketsonde يعمل في النطاق 680 1 MHz

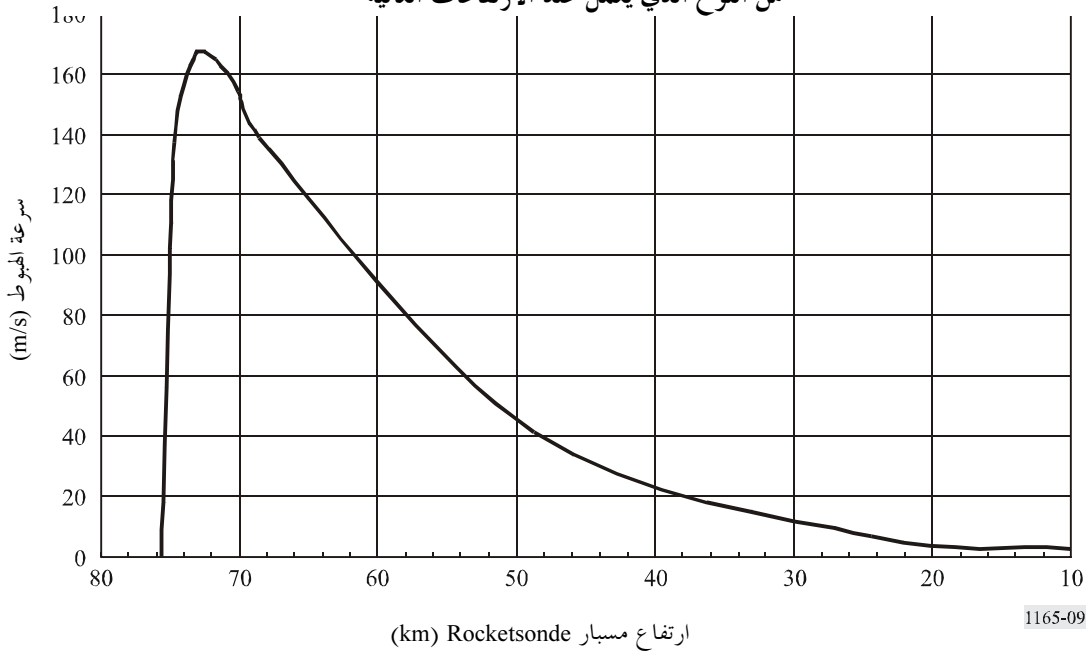
مدىً يوالف (MHz)	1 700-1 660
عرض حزمة الهوائي (بالدرجات)	5,4
كسب الهوائي (dBi)	29
استقطاب الهوائي	مُيامِن دائري
مدى الارتفاع (بالدرجات)	–5 إلى 95
عامل ضوضاء المستقبِل (dB)	AM وFM
التشكيل	dB 6,4
المدى الأقصى (km)	300

3.9 المخطط الجانبي لتمثيل هبوط مسبار Rocketsonde

لا يهبط مسبار Rocketsonde هبوطاً خطياً. وقد يمثل المخطط الجانبي للهبوط عنصراً حاسماً في إجراء الحسابات أو القيام بعمليات محاكاة لتحديد مدى التوافق مع الخدمات الراديوية الأخرى. ويتضمن الشكلان 9 و10 تمثيلاً بيانياً للمخطط الجانبي للإطلاق/الهبوط لمسبار Rocketsonde من النوع الذي يعمل في الارتفاعات العالية.

الشكل 9

مخطط الارتفاع مقابل سرعة الهبوط لمسبار Rocketsonde
من النوع الذي يعمل عند الارتفاعات العالية



الشكل 10

مخطط الزمن مقابل الارتفاع لمسبار Rocketsonde
من النوع الذي يعمل عند الارتفاعات العالية