الألياف النفاثة (Jet Fibers) فى صور الأقمار الصناعية

تتكون الألياف النفاثة (Jet Fibers) من شرائط طويلة وضيقة من السحب الباردة فى طبقات الجو العليا والتى يمكن رؤيتها بصفة متكررة فى صور الأقمار الصناعية. فمن بدايات علم تفسير صور الأقمار الصناعية ارتبط هذا النوع من السحب بوجود التيارات النفاثة (Jet Streams) وتساعد فى تحديد لُب التيار الهوائى النفاث «أقصى سرعة داخل التيار النفاث».

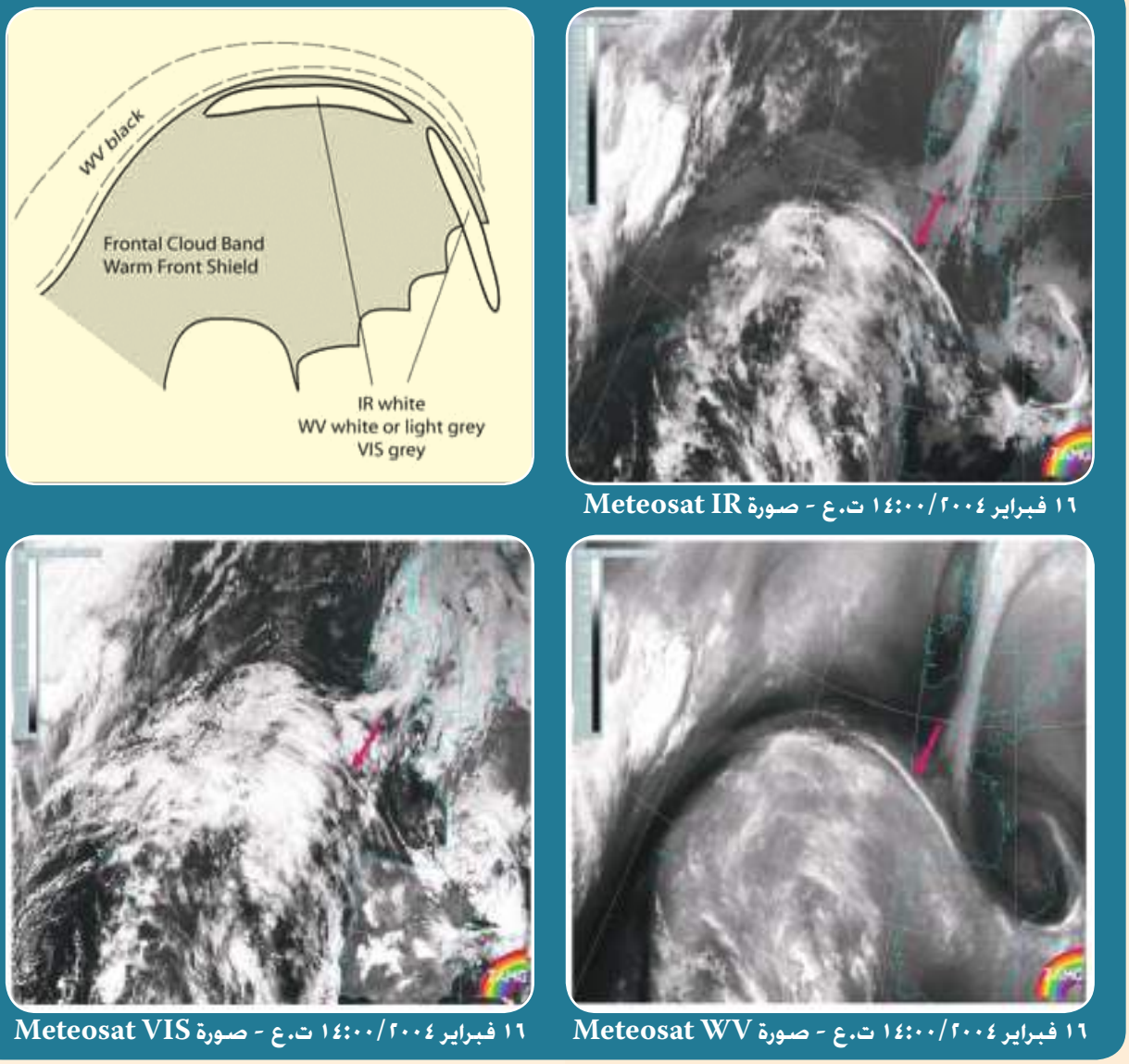
د. عبدالله عبدالرحمن عبدالله
مدير عام تدريب الفنيين على الرصد الجوي

الألياف النفاثة فى صور الأقمار الصناعية

فى شكل - ١، تظهر الألياف النفاثة باللون الأبيض «أو رمادى فاتح جداً» فى كلاً من صور الأشعة تحت الحمراء (IR) وصور بخار الماء (WV) فى شكل تركيبة ليفيه صريحه، وغالباً ما تكون مصاحبة لخطوط سوداء تعبر عن الهواء الجاف من الناحية اليسرى للمنخفض الجوي. فى الصور المرئية (VIS)، تظهر الألياف النفاثة شفافة تقريبًا مع اختلاف الألوان من الرمادى الفاتح إلى الرمادي. على الرغم من أن ألوانها قد يكون مشابهًا جدًا للسحب المحيطة، إلا أن تركيبها يكون مختلف تمامًا، مما يجعلها ظاهرة بوضوح. وعندما تظهر تلك الألياف فوق سحابة على مستوى منخفض، نسيج السحابة يختلف، مما يجعل الألياف مميزة بوضوح عن مناطق السحب المحيطة بها. وتبرز الصور المرئية (VIS) أحيانًا أن الألياف النفاثة تسقط ظلالها على السحب الأقل ارتفاعا منها أو على سطح الأرض.

يمكن أن تظهر الألياف النفاثة فى أى مكان توجد فيه تيارات هوائية نفاثة، ولكن يمكن التعرف عليها بسهولة فوق سطح البحر عنها فوق الأرض بسبب التباين الأكبر الذى تصنعه مع سطح البحر المتجانس إلى حد ما.

وتتصف الألياف النفاثة بأنها حزام ضيق من السحب الذى يبلغ عرضه عدة عشرات من الكيلومترات «عادة



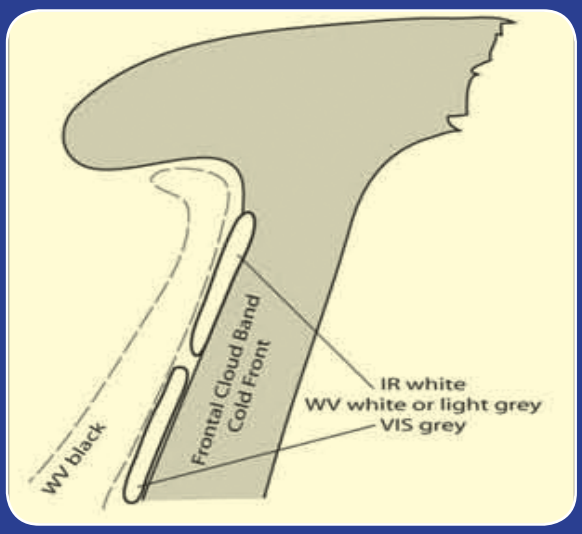
شكل - ١

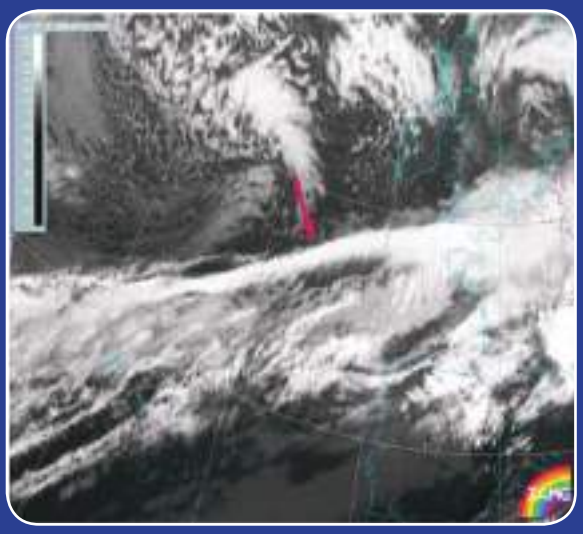
ما تكون أقل من مائة» ولكنها قد يكون امتدادها طويل جدًا، حيث يتراوح طولها من عدة مئات إلى بضعة آلاف من الكيلومترات.

تظل الألياف النفاثة فى أغلب الأحيان لمدة من ٨ إلى ١٢ ساعة، ولكنها تتبدد فى بعض الحالات، وفى حالة ظهور حالات جديدة قبل انتهاء الحالات القديمة فإنها تتطور وتستمر جميعها لمدة ٢٤ ساعة أو أكثر.

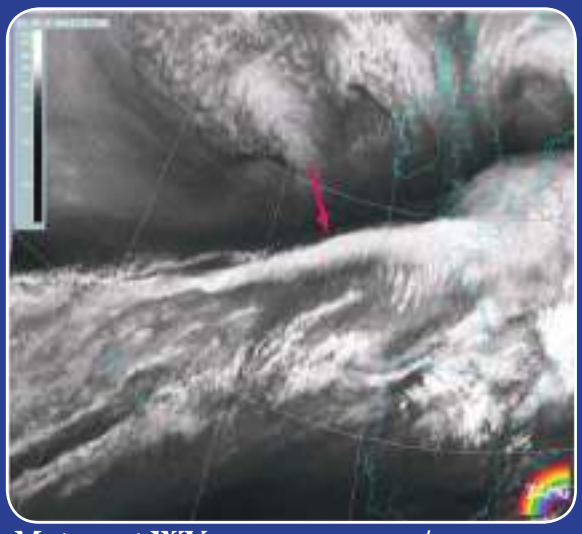
على الرغم من أنه يمكن فصلها عن أنظمة المقياس السينوبتيكي، إلا أنها غالبًا ما توجد فوق الجبهة الدافئة أو إلى الشرق من حوض المنخفض الجوى خلف الجبهة الباردة.

تظهر الصور فى (شكل -١) مثالاً نموذجًيا للألياف النفاثة التى تشكلت ناحية الجانب القطبى للجبهة الدافئة. فى صورة الأشعة تحت الحمراء IR، تكون الألياف النفاثة بيضاء مما يعنى أنها تتكون من غيوم باردة «عند السهم الأحمر». فى صورة VIS، يختلف نسيج الألياف عن النطاق السحابى المحيط للجبهة بكونه أغمق وشفاف «عند السهم الأحمر».. فى صورة WV، تكون الألياف مصحوبة بشريط غامق جهة المنخفض.

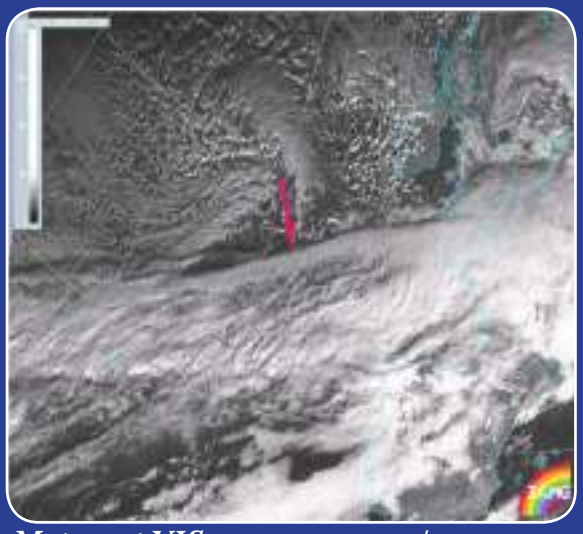




١٣ يناير ٢٠٠٤/١١:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR



١٣ يناير ٢٠٠٤/١١:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat WV



١٣ يناير ٢٠٠٤/١١:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat VIS

شكل - ٢

تُظهر هذه الحالة فى (شكل -٢) مثالاً على الألياف النفاثة المتطورة جيدًا فى مؤخرة الجبهة الباردة. تبدو أكثر نصوعاً من بقية النطاق السحابى للجبهة فى كل من صورة IR وWV. فى صورة WV يرافقه شريط داكن واضح جهة المنخفض. فى صورة VIS، تكون الألياف أكثر قتامة من الشريط السحابى للجبهة ويكون نسيجها مختلف.

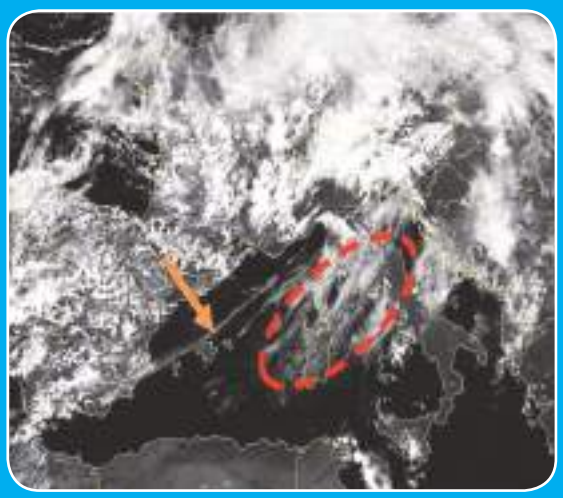
هناك أيضًا حالات (شكل -٣) عندما تظهر الألياف بزاوية مع الجبهة الباردة، أو حتى متعامدة معها. هذا هو الحال عندما تكون الجبهة الباردة من نوع «كاتا». ففى الجزء الخلفى من نطاق السحاب للجبهة يمكن رؤية فى صور WV أن محور التيار النفاث يقع بشكل متعامد تقريبًا على النطاق السحابى للجبهة والألياف النفاثة تقع على الجانب جهة المرتفع كشريط غامق من بخار الماء. فى صورة VIS، يختلف تركيب الألياف النفاثة عن الغيوم المحيطة، ويمكن ملاحظة شريط ضيق رمادى فاتح عمودى على سحب الجبهة.

١ يناير ٢٠٠٩/٠٠:١٢ ت . ع - صورة Meteosat VIS

١ يناير ٢٠٠٩/٠٠: ١٢ ت . ع - صورة Meteosat IR

١ يناير ٢٠٠٩/٠٠: ١٢ ت . ع - صورة Meteosat WV

شكل - ٣



٦ يونيو ٢٠٠٩/١٢:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat 8 HRVIS

ظهورها فى الصور المرئية عالية الدقة من Meteosat 8 والصور المركبة RGB

يمكن أن تكون الصور المرئية عالية الدقة من Meteosat 8 مفيدة للغاية للتعرف على معالم السحابة على نطاق جيد. يمكن أن يكون مفيدًا بشكل خاص فى هذا النموذج التخيلي، للتمييز بين الألياف النفاثة الصغيرة وسحب الجبهة الأساسي. فى شكل -٤، التركيبة الدقيقة للسحب العالية الرمادية الطويلة عند السهم البرتقالي، تمثل الألياف النفاثة، ويمكن تمييزها بسهولة عن النطاق السحابى الأخف وزناً للجبهة على المنطقة المحاطة بالدائرة المنقطة الحمراء.

قناة (Airmass RGB)، شكل - ٥، هى مركب من الألوان الأحمر والأخضر والأزرق والذى يعتمد على البيانات من قنوات الأشعة تحت الحمراء IR وبخار الماء WV، وبالتالى يمكن استخدامها ليلاً ونهارًا. تم تصميمه وضبطه لرصد تطور المنخفضات، ولا سيما التسبب فى حدوث تولد المنخفضات السريعة، والشذوذ فى جهد الدوران (Potential Vorticity) والشرائط النفاثة التى تمكننا من ملاحظة الألياف النفاثة بسهولة.

فقناة (Airmass RGB) هو دمج بين الوضوح فى تباين درجات الحرارة WV7.3 - WV6.2 فيما يتعلق باللون الأحمر، والوضوح فى تباين درجات الحرارة IR9.7 - IR10.8 فيما يتعلق باللون الأخضر وقناة WV6.2 فيما يتعلق باللون الأزرق. فترتبط جميع الميزات الثلاثة ارتباطًا وثيقًا بخصائص كتلة الهواء فى المناطق الخالية من السحب وارتفاعها فى المناطق الغائمة.

فتظهر السحب العالية باللون الأبيض، والسحب المتوسطة المستوى باللون الأصفر الخفيف والمناطق الخالية من السحب باللون الأخضر الداكن «كتلة الهواء الدافئة مع الطبقة العليا من التروبوبوز» أو الأزرق «كتلة الهواء البارد مع الطبقة السفلى من التروبوبوز». ميزة خاصة فى قناة RGB هى أن هواء الاستراتوسفير الهابط الجاف يُميز بلون محمر.

فى «شكل -٥» السحب البيضاء الرفيعه فوق المحيط الأطلسى «المحاطة بالدائرة الحمراء» تمثل الألياف النفاثة.

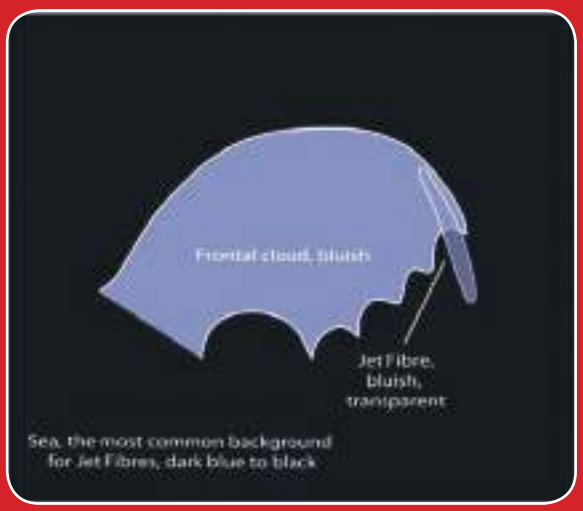
كما تُظهر الصور فى «شكل -٦» أدناه مظهر الألياف النفاثة فى بعض تركيبات RGB الأخري، بإستخدام تركيبات مجموعة قنوات مختلفة.

٢٠ يناير ٢٠٠٩/٠٦:٠٠ ت . ع صورة Meteosat 9 Airmass RGB

الألياف النفاثة كما تظهر فى صورة (Airmass RGB)

شكل - ٥

٢٠ يناير ٢٠٠٩/١٢:٠٠ ت . ع صورة
Meteosat 8 RGB VIS 0.6, NIR 1.6 and IR 10.8 معكوسة



الألياف النفاثة كما تظهر فى صورة
RGB VIS 0.6, NIR 1.6, IR10.8i

شكل - ٦

يظهر مزيج RGB من القنوات المرئية والأشعة تحت الحمراء (VIS 0.6 وNIR 1.6 وIR 10.8 بشكل معكوس)، كما فى «شكل - 6». فيمثل اللون الأصفر سحب منخفضة أو ضبابًا، ويعرض اللون المزرق غيومًا شديدة البرودة وشفافة بينما يعرض اللون الأرجوانى سحابة جليدية، ربما تكون متصلة بالحمل الحراري. الخطوط المزرقة الضيقة فوق المحيط الأطلنطى فى منتصف الصورة وأكثر إلى الشمال «والتى من الصعوبة يمكن ملاحظتها» هى ألياف نفاثة متصلة بحزام التيار النفاث.

تلك الـ RGB تعرض بشكل جيد هذه الميزة السحابية الخاصة، ولكن هذا متاح فقط خلال النهار.

ولتلك الحقيقة، من الضرورى الاطلاع على بعض قنوات RGB المتاحة ٢٤ ساعة.

المرحلة التالية تسمى Dust RGB؛ وهنا مزيج من قنوات IR والاختلافات على النحو التالي: IR10.8 ،IR10.8-IR8.7 ،IR12.0-IR10.8. يساعد على الكشف عن الغبار «تطور العواصف الترابية فوق الصحراء» والسحب الرقيقة والموانع. فى تركيبة RGB هذه، تظهر غيوم جليدية رفيعة عالية المستوي، مثل الألياف النفاثة، باللون الأسود ويمكن تمييزها عن الغيوم السميكة التى تظهر باللون الأحمر، «شكل - 7».

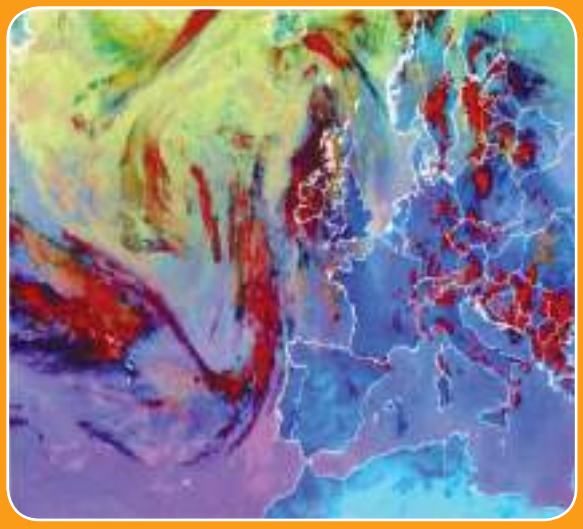
٢٠ يناير ٢٠٠٩/٠٦:٠٠ ت . ع صورة Meteosat 9 Dust RGB

الألياف النفاثة كما تظهر فى صورة Dust RGB images

شكل - ٧

قناة الفيزياء الدقيقة Microphysics RGB تشبه إلى حد كبيرقناةDust RG ، حيث تجمع بين قنوات الأشعة تحت الحمراء نفسها ولكن مع بعض الاختلافات. تم تصميم تلك القناة لرصد تطور الضباب وطبقات السحب المنخفضة St من ناحية، والغبار والرماد البركاني، من ناحية أخري. التطبيقات الثانوية لتلك القناة هى الكشف عن الحرائق ومناطق الرطوبة المنخفضة المستوي. ومع ذلك ، فإن تلك القناة RGB تجعل السحب الجليدية السميكة عالية المستوى مميزة باللون الأحمر الداكن جدًا، واللون الأسود تقريبًا، «شكل -٨».

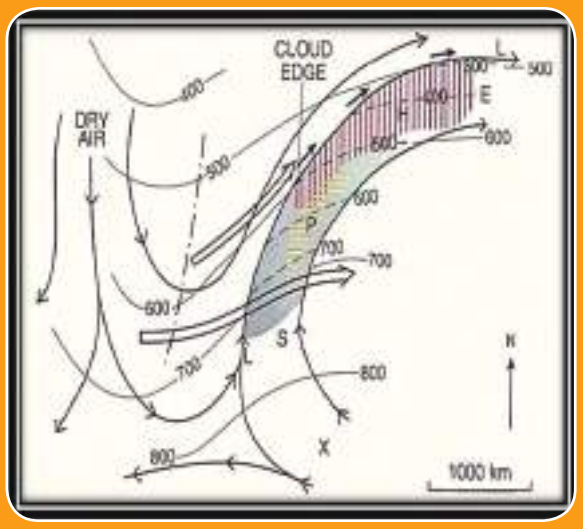
تُظهر الصورة فى «شكل -٨» حالة جيدة من الألياف النفاثة متعامدة مع الجبهة الباردة التى تقترب من البرتغال من الغرب. ثم تتصل الألياف النفاثة فى الأصل بالجبهة الدافئه بعيدًا فوق المحيط الأطلسي. نظرًا لأنه تم انتقالها أمام نظام السحب الأساسي، فيمكن التعرف عليها بسهولة من خلال شكلها الممدود، بالإضافة إلى اللون الأحمر الداكن الذى يفصلها عن اللون الأرجوانى للبحر أسفل منها، أو اللون البرتقالى إلى الأحمر لسحب الجبهة.

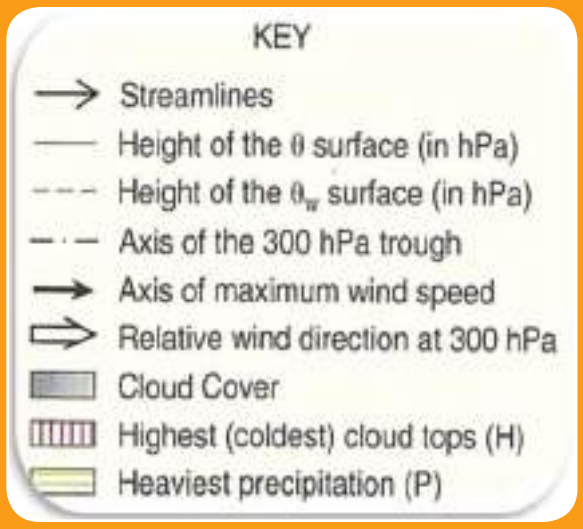


١ يونيو ٢٠٠٩/١٢:٠٠ ت . ع - صورة Microphysics RGB 9 Meteosat

الألياف النفاثة كما تظهر فى صورة Microphysics RGB images

شكل - ٨





شكل - ٩

التفسيرات الفيزيائية للألياف النفاثة

الألياف النفاثة هى بقع ممدودة من سحب الـ Ci، والتى تتحرك بسرعة بالقرب من محور التيار النفاث وعادة ما ترتبط بقلب التيار النفاث.

بشكل عام ، تميل حزم السحب الرقيقة إلى التكون أو الاستمرار مع الدوران ناحية المرتفع الجوي. والسبب فى ذلك هو أن التيارات النفاثة ترتبط بالإختلاف الحرارى القوى عبر مناطق الجبهات وتشكل طبقة الغيوم فى الهواء الرطب الدافئ للحزام النقال الدافئ (Warm Conveyor Belt) مع حافة سحابية ممتدة على طول قلب التيار النفاث، «شكل -٩».

فى معظم الحالات، لاتعبر السحب حدود تدفق الحزام النقال ولكنها فقط تصل إلى قلب التيار الهوائى النفاث بشكل خطى أو منحنى جهة المرتفع الجوى المصاحب للتيار النفاث.

تم فحص حوالى ٥٠ حالة فى دراسة بالمعهد المركزى

للأرصاد الجوية وديناميكا الأرض ZAMG. وقد لوحظ أن الألياف النفاثة غالباً ما توجد فوق غطاء السحب المصاحبة للجبهة الدافئه أو خلف الجبهة الباردة.

لا توجد نظرية واحدة تفسر تكوين الألياف النفاثة، ولكن هناك العديد من الآليات التى من المحتمل أن تعمل معًا.

بشكل عام، هناك شرطان ضروريان لتطور الغيوم: محتوى رطوبة كاف وحركة رأسية تصاعدية.

كما سبق ذكـره فى مقالات سابقة، فإن إحدى الحركات الكبيرة التى تتسبب فى الحركة الصاعدة هى الحزام الناقل الدافئ، مما يجلب الهواء الدافئ والرطب إلى طبقات الجو العليا من التروبوسفير، «شكل -٩».

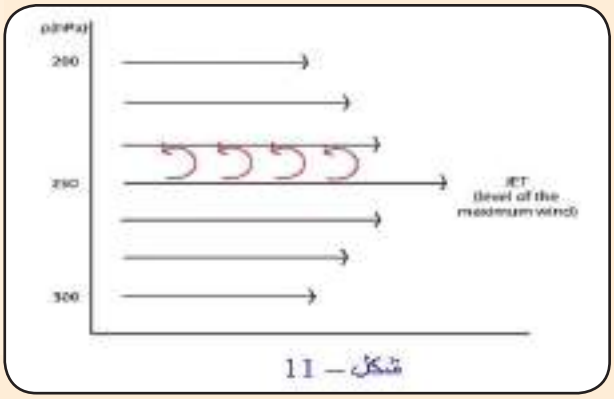
أما الآخر، فى حالة الألياف المتصلة بالجبهة الباردة، فسيكون صعودًا مائلاً للهواء فوق منحدر الجبهة الباردة.

هذه الحركة التصاعدية ستجلب الكثير من الهواء الرطب إلى المستويات العليا وتشكل مجموعة عريضة من الغيوم (سحب جبهة أو حزم سحب الـ Ci). لذلك، من أجل إنتاج بنية سحابية ذات أبعاد صغيرة نسبيًا، مثل الألياف النفاثة، يجب أن يكون هناك نظام ديناميكى إضافى آلى ذو مقياس صغير، مثل دوامات الـ vorticity المتكونة حول التيار النفاث.

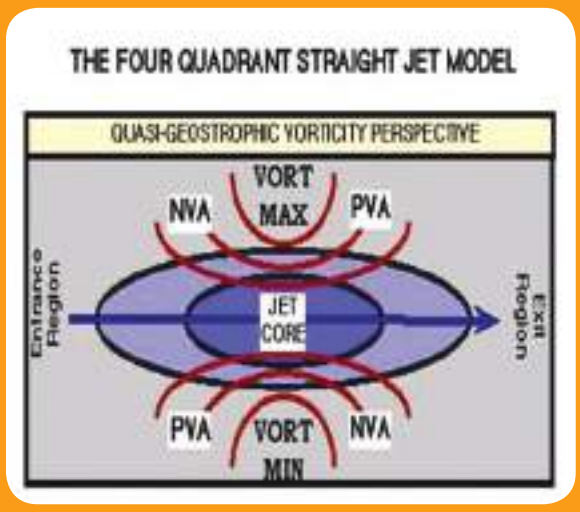
بما أن التيار النفاث لابد أن يشارك فى تكوين الألياف النفاثة، فقد يحدث الصعود أيضًا بسبب الدوران فى الخلايا حول مدخل (Entrance) ومناطق الخروج (Exit) من شريط التيار النفاث، (شكل -١٠).

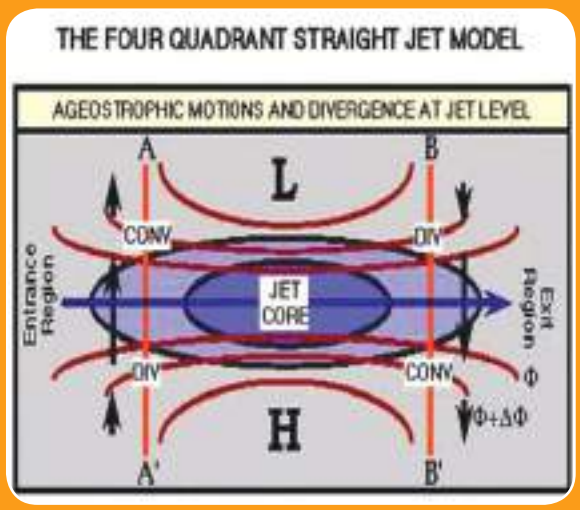
هناك حركة صاعدة فى المدخل الأيمن (right entrance) ومناطق الخروج اليسرى (left exit) من حزام التيار النفاث، «شكل -١٠».

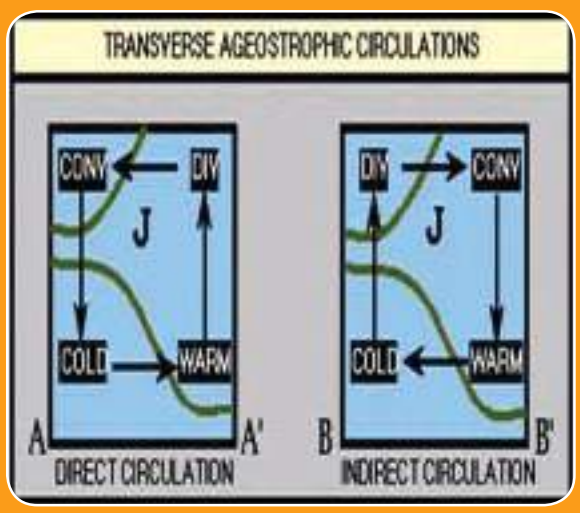
مع الأخذ فى الاعتبار قص الريح الرأسي، توجد مباشرة فوق لُب التيار النفاث أيضًا حركة تصاعدية ذو مقياس صغير «اضطرابات»، «شكل -١١».



شكل – 11







شكل - ١٠

وبالتالي، سواء كانت السحب تتطور أم لا، فإن ذلك ناتج عن رطوبة كافية فى كتلة الهواء وحركة تصاعدية كافية من واحد «أو مجموعة» من التأثيرات المذكورة أعلاه. ومع ذلك ، فإن هذا يفسر بشكل أساسى تشكيل حزام من السحاب عل نطاق واسع.

فى بعض المصادر، يتم التأكيد على أنه عندما لا يكون محتوى الرطوبة فى المستويات العليا كافياً للسماح بتكوين غطاء سحابى أوسع، فإنة لا يزال محور التيارالنفاث مميزًا بظل أكثر نصوعاً فى صور بخار الماء WV جهة المرتفع الجوى المصاحب للتيار النفاث، بشريط ضيق من سحب الـ Ci فى صور الأشعة تحت الحمراء IR. وهذا يعنى أن هذه الآليات على النطاق الصغير تكون أحيانًا قوية بما يكفى لرفع الهواء بما يكفى للسماح بتكوين بلورات الثلج. وحيث إن الألياف النفاثة عادة ما تكون طويلة إلى حد ما، فمن الواضح أن التيار النفاث يعمل كوسيلة لنقل جزيئات الجليد على مسافات كبيرة.

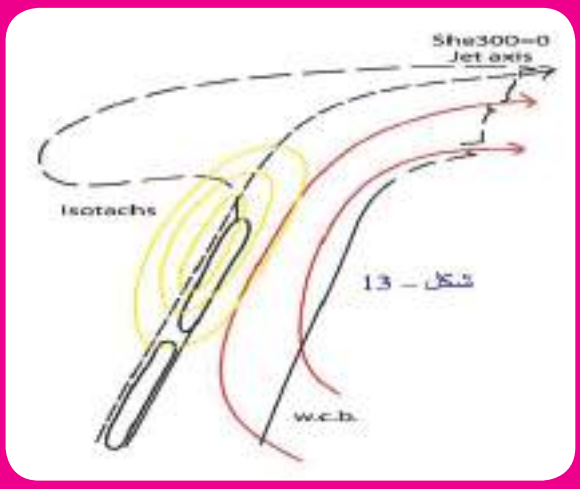
فى بعض الحالات الخاصة، يمكن أن تتكون الألياف النفاثة على شكل زخرفة مثيرة للدهشة. على وجه التحديد، يمكن رؤية شرائط من سحب الـ Ci، المتعامدة مع الألياف النفاثة «شكل -١٢». تحدث هذه الظاهرة فى البيئة السينوبتيكية لحوض المنخفض الجوى فى طبقات الجو العليا وعادة ما ترتبط بالجبهة الباردة. تتلاشى سحب الجبهة العميقة، ولكن قد تستمر شرائط سحب الـ Ci لعدة أيام إذا كانت سرعة الرياح فى التيار النفاث شبه المدارى لا تتجاوز ٤٠ م / ث وكان هناك قص رياح أفقى كبير.

الألياف النفاثة خلف الجبهة الباردة

فى حالة الجبهة الباردة، إلى جانب الحركة الصاعدة على نطاق واسع، هناك تأثير الحركة الصاعدة فى منطقة المدخل الأيمن (right entrance) للتيار النفاث والحركة الصاعدة على نطاق صغير بسبب قص الرياح. لذلك، تتكون الألياف فى الجزء الخلفى من نطاق السحاب للجبهة، بالتوازى مع محور التيار النفاث، بجوار أو فى منطقة المدخل الأيمن لحزام التيار النفاث، عادة جهة المرتفع الجوى للتيار النفاث، «شكل -١٣».

تطور الألياف خلف الجبهة الباردة: تحدث الألياف على طول المحور النفاث أو على طول جانب المرتفع الجوي، فى منطقة شريط التيار النفاث أو فى منطقة المدخل الأيمن للتيار النفاث (right entrance)، «شكل -١٣».

١٧ أكتوبر ٢٠٠٦/ ١٨:٠٠ ت . ع - صورة GOES 10 IR على أمريكا الجنوبية
شكل ١٢



شكل – 13

٦ نوفمبر ٢٠٠٣/ ٠٦:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
الأصفر: isotachs على ٣٠٠ هـ . ب. البنفسجي:
خط الصفر لـ shear vorticity على ٣٠٠ هـ . ب.
شكل ١٤

الأصفر: isotachs على ٣٠٠ هـ. ب.، البنفسجي: خط الصفر لـ shear vorticity على ٣٠٠ هـ. ب.

تُظهر الصورة فى «شكل -١٤» مثال الألياف النفاثة التى تم تطورها خلف الجبهة باردة متزامنة مع خطوط تساوى سرعات الرياح أكبر من ٣٠ م/ث وخط الصفر لدوامة القص (shear vorticity) عند مستوى ٣٠٠ هـ.ب. تحدث الألياف على طول خط الصفر لدوامة القص فى منطقة مدخل حزام التيار النفاث.

إلى جانب الحالات التى تتشكل فيها الألياف النفاثة بالتوازى مع منطقة الجبهة، هناك أيضًا العديد من الحالات التى يأتى فيها التيار النفاث من مؤخرة الجبهة بزاوية معينة. هذا هو الحال عادة عندما تكون الجبهة الباردة من نوع كاتا. فى هذه الحالة، توجد الألياف أيضًا على طول محور التيار النفاث أو قليلاً جهة المرتفع الجوي، «شكل - ١٥».

الصورة التالية فى «شكل -١٦» توضح مثال لمثل هذه الحالة.

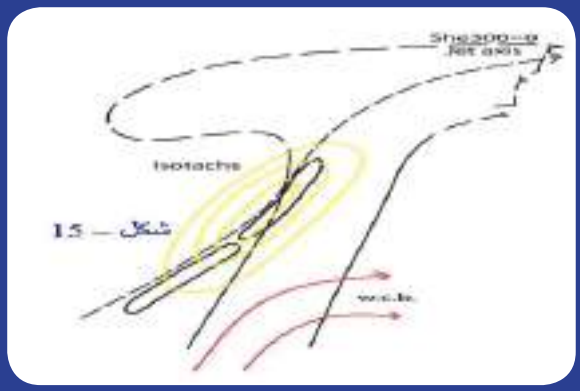
حالة خاصة هى عندما يعبر شريط التيار النفاث النطاق السحابى للجبهة، مع النتيجة المحتملة لتقوية الجبهة فى منطقة الخروج اليسرى للتيار النفاث. فى هذه الحالة، يمكن فصل الألياف السحابية تمامًا عن الأنظمة الجبهة وعادة ما تتشكل بزاوية كبيرة مع شريط السحابة أمام الجبهة الباردة. لذلك يمكن أيضًا اعتبار الألياف النفاثة كمؤشر على تطور اشتداد قوة الجبهة.

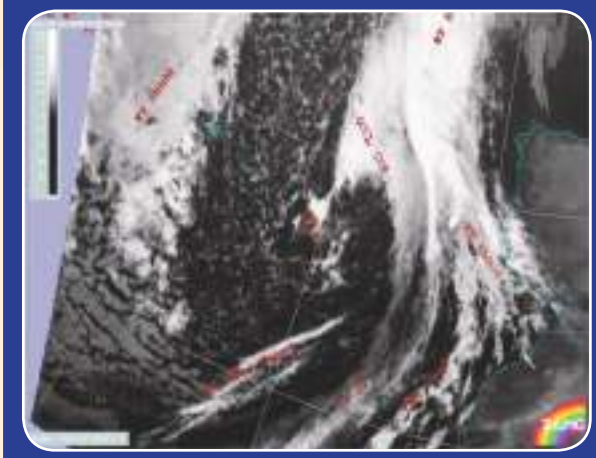
تُظهر الصورة فى «شكل -١٧» الألياف النفاثة التى تكونت فى منطقة حزام التيار النفاث، على طول محور التيار النفاث، وتكون متعامدة مع الجبهة الباردة.

الألياف النفاثة فوق غطاء السحب للجبهة الدافئة

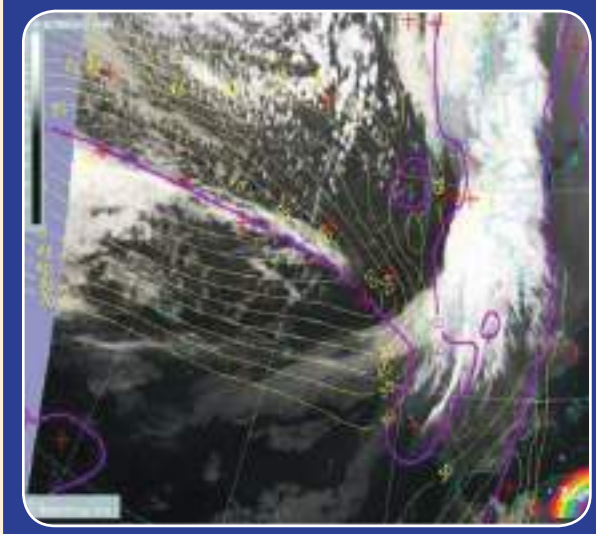
ترتبط الحركة التصاعدية داخل الجبهة الدافئة بارتفاع الحزام الناقل الدافئ مع الانسيابية المحدودة على محور التيار النفاث. إذا كانت كتلة الهواء فى الحزام الناقل الدافئ (أو تيار مشابه نسبياً) رطبًا جدًا، يتطور ويصبح على نطاق واسع من سحب الألياف العالية.

إلى جانب الآليات الصغيرة الحجم المسئولة عن تشكيل الألياف النفاثة المذكورة بالفعل فى حالة الجبهة الباردة، هناك أيضًا تأثير التيار النفاث ذو الانحناء الحاد. عند انحناء التيار النفاث، يزداد القص الناتج عن تغيير سرعة الرياح بسبب القص الناتج عن التغيير فى اتجاه الرياح.

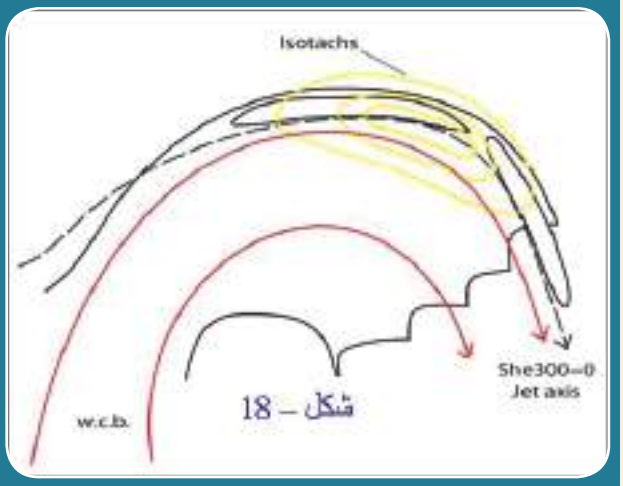




٧ نوفمبر ٢٠٠٣/٠٦:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
شكل ١٦



١١ نوفمبر ٢٠٠٣/١٨:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
الأصفر: isotachs على ٣٠٠ هـ . ب. البنفسجي: خط الصفر لـ shear vorticity على ٣٠٠ هـ . ب.
شكل ١٧



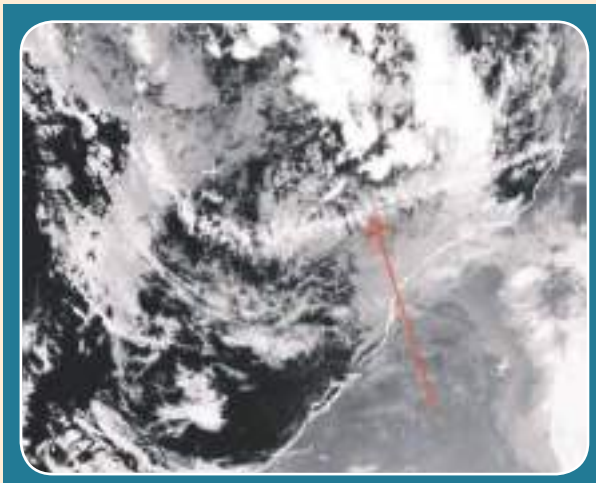
توجد الألياف أيضًا جهة دوران المنخفض الجوى للجبهة الدافئة داخل النطاق السحابى للجبهة، وهناك حالات عديدة عندما يمدد التيار النفاث الألياف خارج النطاق السحابى للجبهة، «شكل -١٨».

فى بعض الأحيان يتم نقل الألياف بعيداً جداً أمام الغطاء السحابى للجبهة الدافئة بحيث تصبح ملامحها غير متصلة بأنظمة النطاق السينوبتيكي، ولكنها مرتبطه فقط بالتيار النفاث نفسه، «شكل -١٩».

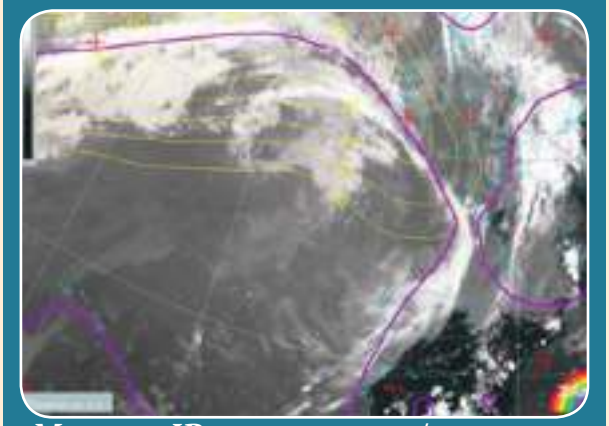
يتدفق تيار نفاث حول الغطاء السحابى للجبهة الدافئة، مع وجود شريط سحابى للجبهة ملقى جهة المرتفع الجوى لمحور التيار النفاث. وهناك أيضًا ملاحظات من صور WV حيث يوجد شريط داكن على طول الحافة جهة القطب لحزمة السحاب للجبهة. وتتطور الألياف النفاثة ناحية المرتفع الجوى لمحور التيار النفاث، «شكل -٢٠».

دراسة حالة

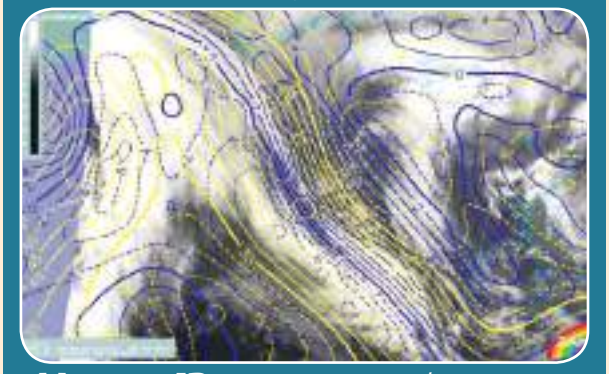
على الرغم من أن النظرية تنص على أن التيارات النفاثة تتدفق حول نطاق سحب الجبهة الدافئة، وبالتالى يجب أن تتطور الألياف فوق نطاق السحب للجبهة، جهة المرتفع الجوى المصاحب للتيار النفاث، هناك حالات عديدة يختلف فيها الوضع تمامًا. وبالتحديد، تدفق التيارات النفاثة عبر نطاق سحب الجبهة الدافئة، ولا تزال الألياف على طول حافة حزم السحب للجبهة الباردة، ولكنه جهة المنخفض الجوى للتيار النفاث. وهنا حالة واحدة، «شكل - ٢١».



٧ أكتوبر ٢٠٠٣/١٢:٠٠ ت . ع صورة Meteosat IR
شكل ١٩



١٧ يونيو ٢٠٠٣/١٢:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
الأصفر: isotachs على ٣٠٠ هـ . ب، البنفسجي: خط الصفر لـ shear vorticity على ٣٠٠ هـ . ب.
شكل ٢٠



١٦ يناير ٢٠٠٤/١٨:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
الأصفر: isotachs على ٣٠٠ هـ . ب الأزرق: الـ shear vorticity على ٣٠٠ هـ . ب.
شكل ٢١

أو مثال آخر أكثر وضوحا، «شكل -٢٢»:

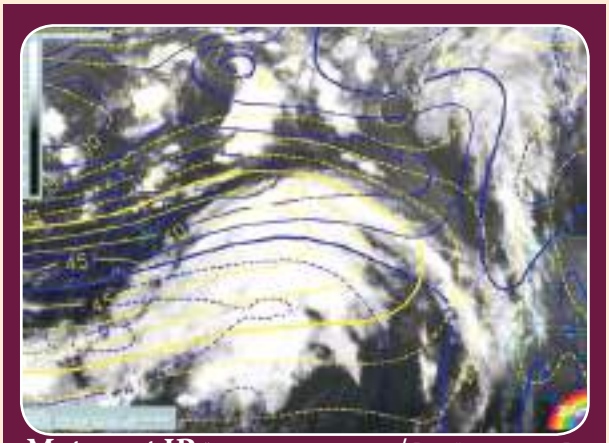
مثل هذه الحالات ليست نادرة جدا. يُذكر فى بعض الدراسات أنه فى حالتين من أصل تسع حالات «٢٢٪» تم العثور على سحب Ci جهة المنخفض الجوى من محور التيار النفاث.

هناك العديد من التفسيرات المحتملة ولكن الأكثر ترجيحًا هو أن هذا التأثير ناتج عن مجموعة من الأسباب التالية:

- النموذج العددى غير موثوق به تمامًا: فيمكن تغيير حقول العناصر الجوية، وخاصة العناصر المتنبأ بها.
- يميل محور التيار النفاث رأسياً: فى المستويات الأعلى ، ينحدر التيار النفاث شمالاً بصورة أكبر مقارنةً بموقعها فى المستويات الدنيا. لذلك، إذا كانت أقوى رياح على مستوى أعلى من ٣٠٠ هـ.ب. «وهو غالبًا مستوى أعلى فى النموذج العالمى أو على الأقل الذى يمثل التيار النفاث» فمن الممكن أن يتم تحديد موضع الألياف بواسطة أعلى محور للتيار النفاث. فى هذه الحالة ، سيتم وضع محور التيار النفاث عند ٣٠٠ hPa جنوبًا بشكل أكبر وبالتالى يمكن أن يبدو جهة المرتفع الجوى للألياف النفاثة. أخيرًا، إذا اعتبرنا أن النموذج صحيح، وأن الألياف تكون بالضبط عند مستوى الرياح القصوي، وإذا كنا لا نزال نجدها على جانب المنخفض الجوي، فيمكن أن يكون التفسير:
- الدوران حول محور التيار النفاث: الدوران على نطاق صغير يجعل الهواء يرتفع فى جانب المرتفع الجوى ويهبط فى جانب المنخفض. لذلك، هناك أيضًا جزء من خلية دورة الرياح التى تنقل الهواء من المرتفع الجوى إلى المنخفض الجوى فى طبقات الجو العليا. مع الأخذ فى الاعتبار أن الهواء لا يمكن أن يجف بصفة مفاجئة، فمن الممكن أن يستمر الهواء رطب أيضًا لبعض الوقت جهة المنخفض المصاحب للتيار النفاث.

ونظرًا لأن هذا التأثير من الألياف التى تتشكل جهة المنخفض للتيار النفاث لم تتم ملاحظته إلا فى حالة الألياف التى تظهر أعلى الغطاء السحابى للجبهة الدافئة، فقد يكون هناك سبب آخر محتمل:

- محور التيار النفاث المنحنى بشدة: بسبب القص



٢٥ سبتمبر ٢٠٠٣/٠٦:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
الأصفر: isotachs على ٣٠٠ هـ . ب. الأزرق: الـ shear vorticity على ٣٠٠ هـ . ب.
شكل ٢٢

الناتج عن الانحناء، ويمكن أيضا أن يكون هناك بعض الصعود على جانب المنخفض من التيار النفاث يسمح بوجود سحب الـ Ci لتستمر على هذا الجانب.

مؤشرات وعناصر استدلال الألياف النفاثة

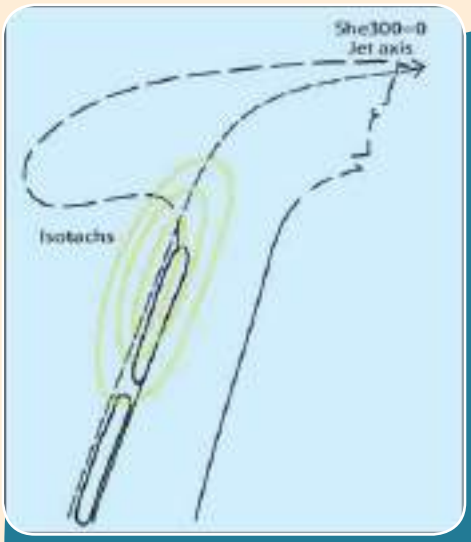
■ خطوط تساوى سرعة الرياح «عند ٣٠٠ hPa، ٢٥٠ و٢٠٠ hPa يمكن أخذها كلها».

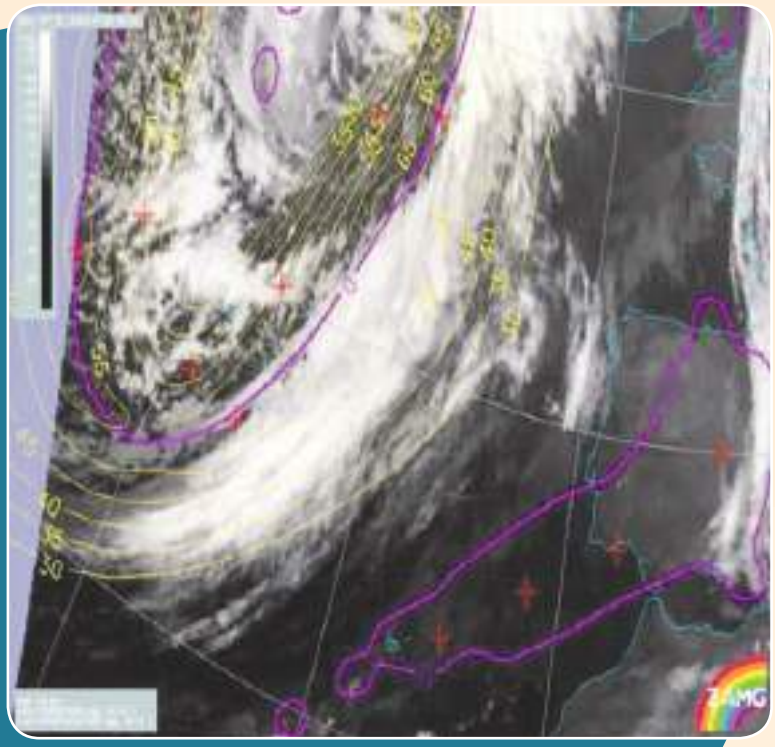
- مؤشرات شدة التيارات النفاثة وموقع مناطق الدخول والخروج
- تتشكل الألياف النفاثة بالقرب من أقصى سرعة للتيار النفاث.

■ دوامة القص - shear vorticity (خط الصفر من دوامة القص عند ٣٠٠ hPa)

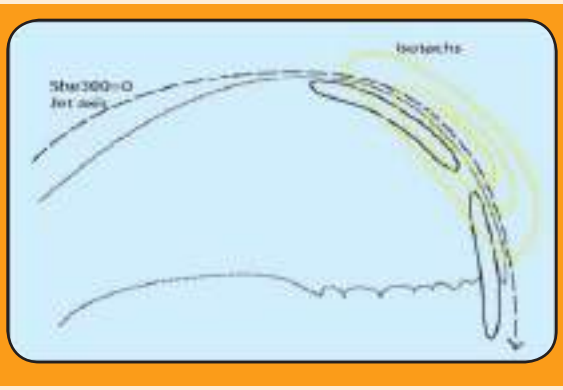
- إشارة إلى محور التيار النفاث
- إن خط الصفر من دوامة القص يكون موازى لكل من الألياف النفاثة وحزام الـ WV المعتم.

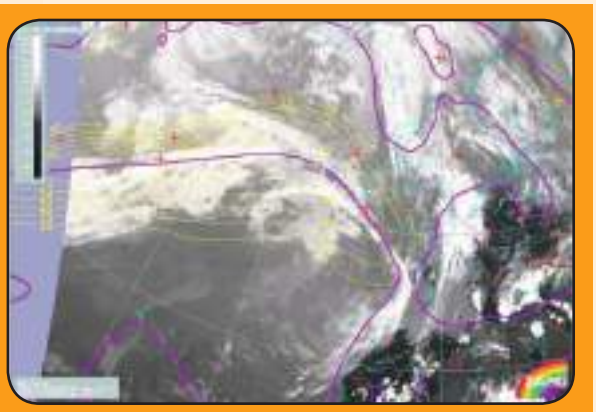
فى الحالات التى ترتبط فيها الألياف بالجبهة الدافئة، تظهر غالبًا فى الجزء المتقدم من حزام التيارات النفاثة. فى حالات الجبهة الباردة، عادةً ما تقع الألياف داخل الرياح القصوى أو فى منطقة الدخول لحزام التيار النفاث. عند مقارنتها بمحور التيارات النفاثة، يمكن العثور على الألياف فى معظم الحالات على طول خط الصفر لدوامة القص أو إزاحتها قليلاً إلى جهة المرتفع الجوى للتيار النفاث. وقد تحدث بعض الاستثناءات فى حالات الجبهة الدافئة.





٦ نوفمبر ٢٠٠٣/٠٦:٠٠ ت . ع صورة Meteosat IR
الأصفر: isotachs على ٣٠٠ هـ . ب. البنفسجي: خط
الصفر لـ shear vorticity على ٣٠٠ هـ . ب.
شكل ٢٣





١٧ يونيو ٢٠٠٣/١٢:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
الأصفر: isotachs على ٣٠٠ هـ . ب. البنفسجي: خط
الصفر لـ shear vorticity على ٣٠٠ هـ . ب.
شكل ٢٤

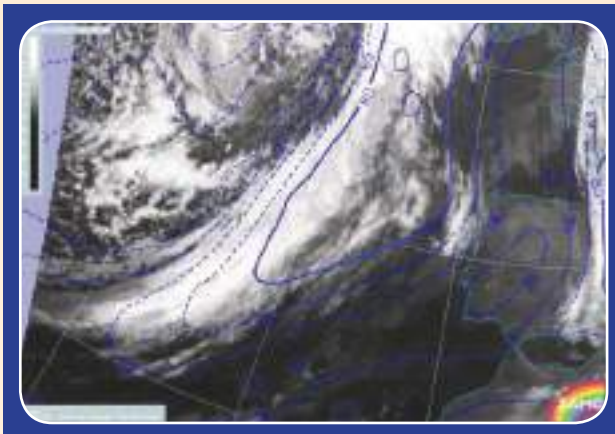
توضح الأشكال أعلاه، «شكل -٢٤»، موقع الرياح القصوى وخط الصفر لدوامة القص خلف جبهات آنا والكاتا الباردة. تتشكل الألياف فى منطقة المدخل أو بجوار شريط التيار النفاث.

فى حالة الجبهة الدافئة، يتبع محور التيار النفاث نطاق السحاب على طول الجانب جهة المنخفض. تتشكل الألياف فى الغالب فى الجزء الأمامى من محور التيار النفاث ومعظمها على الجانب جهة المرتفع الجوي. مع الأخذ فى الاعتبار بعض الاستثناءات، «شكل ٢٤-».

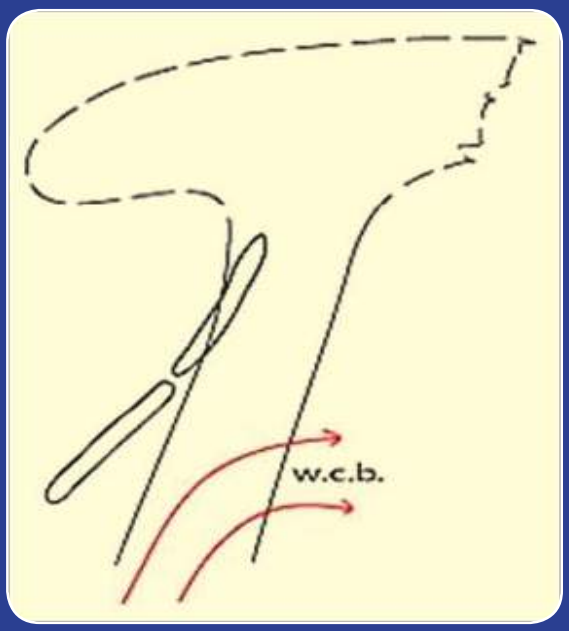
العناصر الداعمة

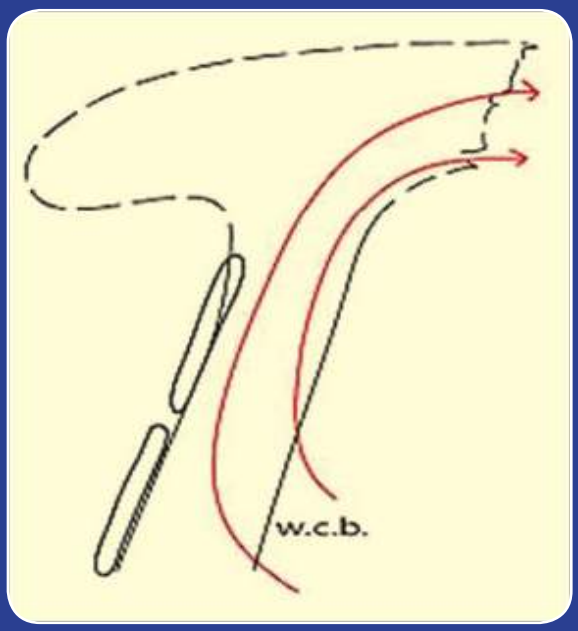
- الرطوبة النسبية - شرط ضرورى لتكوين الغيوم يخضع توزيع الرطوبة فى حقول النموذج العددى لمعالم المقياس السينوبتيكى التى ترتبط بها الألياف النفاثة.
- الحزام النقال الدافئ - تتزامن الألياف النفاثة مع انسيابية الهواء على نطاق محدود.

١٧ يونيو ٢٠٠٣/١٢:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
الأزرق: الرطوبة النسبية على ٣٠٠ هـ . ب.



٦ نوفمبر ٢٠٠٣/٠٦:٠٠ ت . ع - صورة Meteosat IR
الأزرق: الرطوبة النسبية على ٣٠٠ هـ . ب.



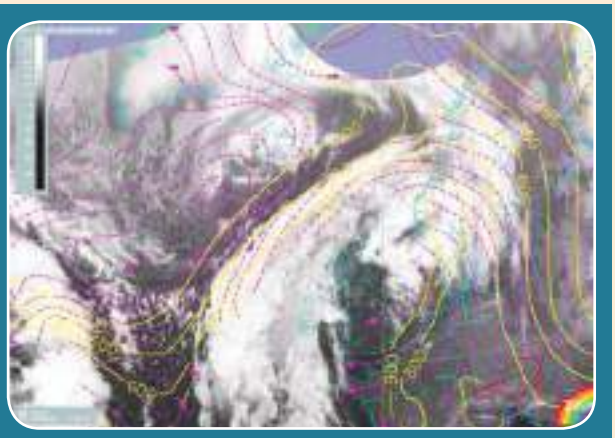


شكل ٢٥

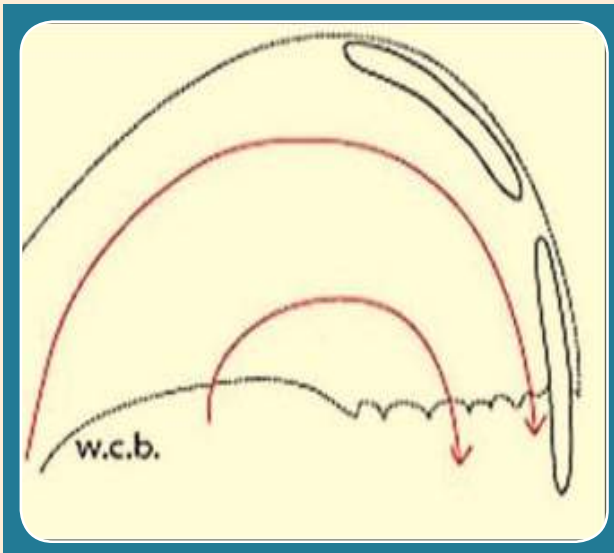
الظواهر الجوية المصاحبة للألياف النفاثة

الألياف النفاثة هى سحابة عالية الارتفاع، لذلك لا يتوقع حدوث ظواهر جوية على الأرض. ومع ذلك، تظهر على طول محور التيار النفاث فى منطقة الرياح القصوي، وبالتالى يمكن توقع الظواهر ذات الصلة بالتيار النفاث مثل الاضطراب فى تلك المنطقة.

تظهر الاضطرابات بشكل عام فى منطقة قص الرياح الأفقية والرأسية فى طبقات الجو العليا، «شكل



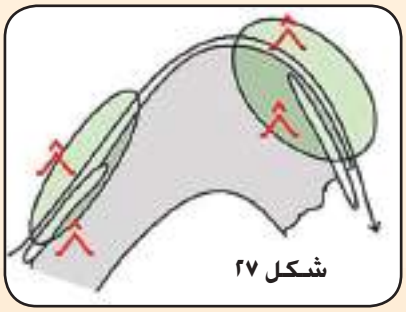
٥ نوفمبر ٢٠٠٣/٠٠:٦ ت . ع - صورة Meteosat
الأرجواني: k - system٤٠٣ relative streams
velocity ٢١ ,٦١٢ m/s الأصفر: k٤٠٣ isobars



شكل ٢٦

-٢٧»، حول نطاق التيار النفاث، ولكن فى أغلب الأحيان على الجانب الأيسر أسفل مستوى لُب التيار النفاث، أو على الجانب الأيمن أعلى مستوى لُب التيار النفاث. علاوة على ذلك، يرتبط التيار النفاث المنحنى بشكل حاد على الجانب تجاه القطب من درع الجبهة الدافئة، باضطرابات أعنف من التيار النفاث المستقيم والذى يأتى خلف الجبهة الباردة. غالبًا ما تُعتبر الألياف النفاثة مؤشراً جيداً لاضطراب الهواء الصافى (CAT) الذى قد تؤثر على الطائرات على مستويات عالية وهو سبب رئيسى فى الانزعاج واضطراب الركاب فى الرحلات الجوية.

لوحظت مناطق CAT فى المناطق الاستوائية والمرتبطة بوجود الألياف النفاثة المنفصلة عن التيارات النفاثة الشبة مدارية STJ. ويمكن تحديدها من خلال تواجدها كسحب عالية من خطوط سحب الـ Ci.



شكل ٢٧

العنصر	وصف تأثيره المصاحب للألياف النفاثة
الهطول	لا تسبب الألياف النفاثة هطول أو رعد أى ظواهر جوية مسجلة تكون لها علاقة بالأوضاع السينوبتيكية المجاورة وليست الألياف النفاثة
الحرارة	لا يوجد تغيير فى الحرارة
الرياح «متضمنة الهبات»	لا يوجد تغير فى الرياح السطحية الرياح شديدة مصاحب لها رياح قص فى طبقات الجو العليا
معلومات ذات صلة	تقل السحب العالية لتصبح فقط سحب الألياف النفاثة فيما يخص الطيران، الألياف النفاثة فى أغلب الأحيان عند رصدها تكون مؤشر قوى عل وجود اضطرابات شديدة خصوصاً اضطرابات الهواء الصافى CAT

شكر وتقدير

يتقدم الكاتب بالشكر والتقدير لموقع المعهد المركزى للأرصاد الجوية وديناميكا الأرض ZAMG، وموقع المشروع التدريبى الدولى برعاية الوكالة الأوروبية للأقمار الصناعية المتخصصة فى مجال الأرصاد الجوية EUMETRAIN لإتاحة المعلومات والصور المأخوذة من موقعهما والاستعانة بهما فى تقديم تلك المقالة بالصورة اللائقة.

المراجع

SatRep Manual: http://www.zamg.ac.at
SatRep Manual: http://www.eumetrain.org