

Холодний Фронт

Зміст

Структура хмар на супутникових знімках
Метеорологічні фізичні основи
Ключові параметри
Типовий зовнішній вигляд у вертикальних поперечних перерізах атмосфери
Синоптичні ситуації та явища
Посилання на довідкову літературу

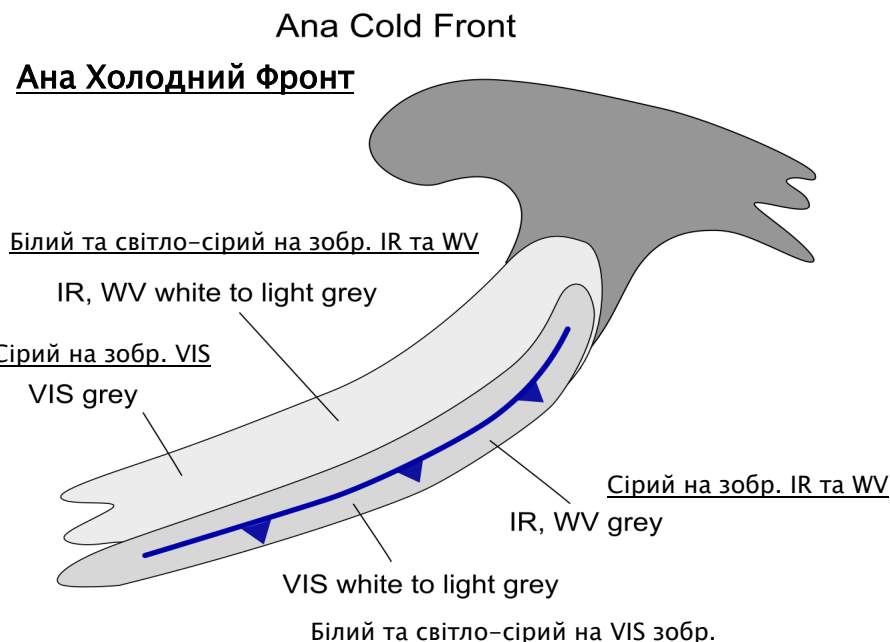
Структура хмар на супутникових знімках

На супутникових зображеннях холодні фронти виглядають як циклонічно закручені смуги хмар синоптичного масштабу. Їх можна розділити на дві підгрупи: **Ана фронти** і **Ката фронти**. Ці типи демонструють дещо іншу структуру на супутникових знімках.

Ана Холодний фронт

Вигляд в основних супутникових каналах

- Загалом плавний зовнішній вигляд.
- На VIS (видимий канал) зображеннях найяскравіша область простягається від переднього краю до середньої частини хмарної смуги, що вказує на нижчі водяні хмари, що простягаються до середини тропосфери.
- На IR і WV-зображеннях найяскравіша область знаходиться від заднього краю до середньої частини хмарної смуги, що вказує на холодні та високі вершини хмар на задній стороні фронтальної системи, часто з наявністю хмар Cumulonimbus (Cb).



Вигляд на зображеннях базових RGB-продуктів:

Airmass RGB

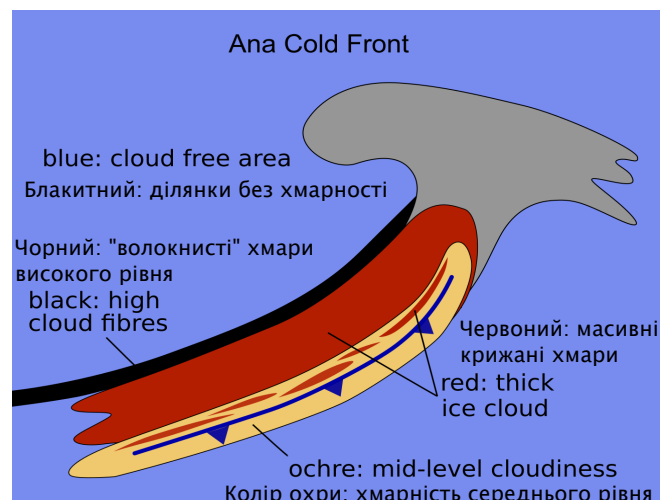
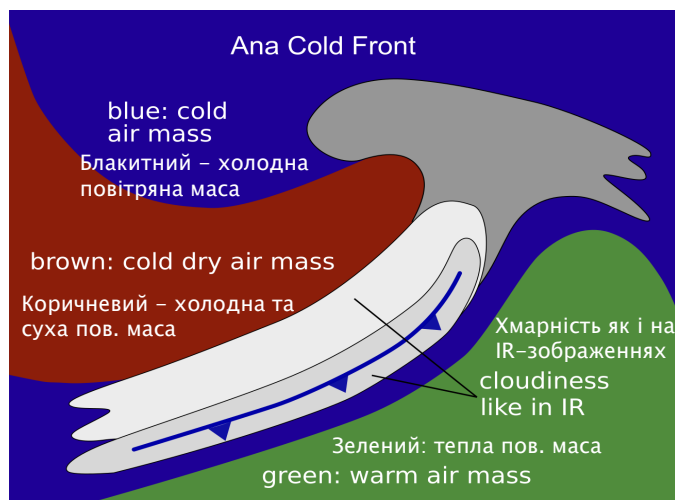
На зображеннях Airmass RGB синій або зелений кольори з'являються перед хмарною смугою, представляючи холодні або теплі повітряні маси перед холодними фронтами (здебільшого залежно від географічного розташування в південніших чи північніших широтах); на задній стороні хмарної смуги з'являються сині та коричневі кольори, що простягаються з півночі на північний захід, повертаючись до положення, паралельного хмарній смузі. Ці кольори представляють холодне і сухе повітря, що ніби занурюється за холодний фронт.

Сама хмарна смуга на Airmass RGB зображеннях виглядає дуже подібно до її зовнішнього вигляду на IR-зображеннях.

Dust RGB

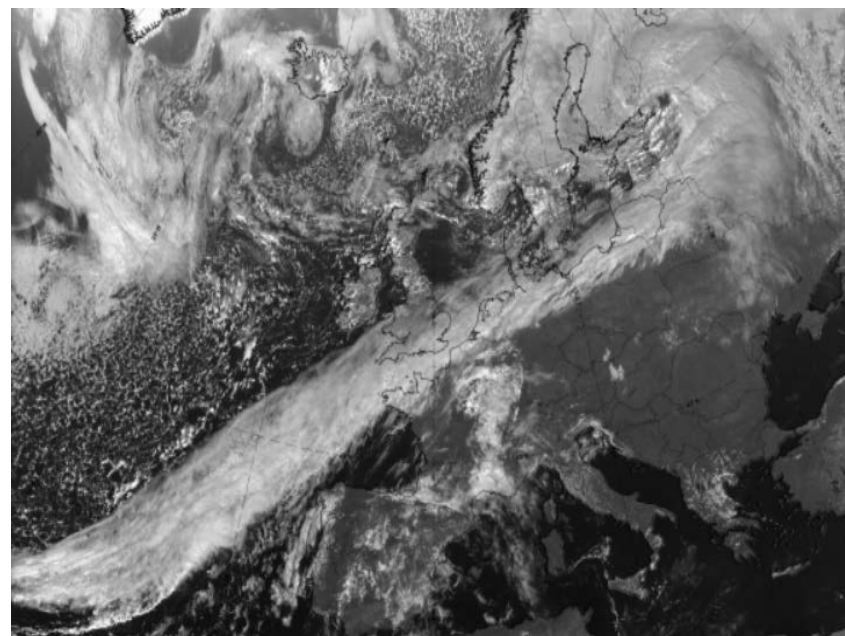
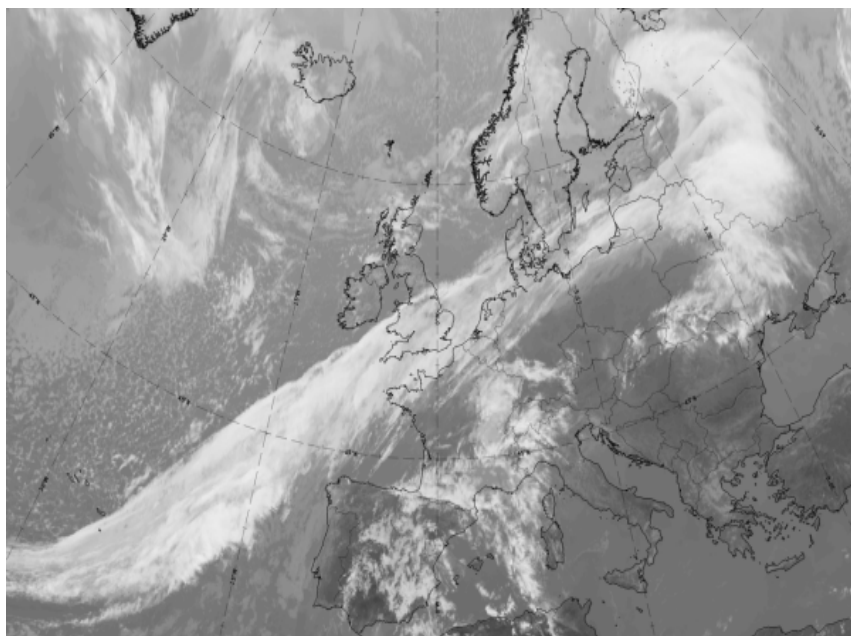
На зображеннях Dust RGB області попереду та позаду хмарної смуги мають світло-рожеве або рожево-блакитне забарвлення, що представляє зони, вільні від хмар; однак ці області можуть містити такі елементи хмарності, як хмарність холодного повітря в улоговині за смугою холодного фронту або хмарність у гребені перед смугою холодного фронту.

У смузі хмар переважають темно-червоні кольори, що представляють масивні крижані хмари з холодними вершинами; ці хмари можуть бути однорідними або структурованими. Жовті та світло-коричневі кольори представляють хмарність середнього рівня. Часто на задньому краї є чорна смуга, яка представляє високорівневу хмарність з волокнистою структурою на осі струминної течії.

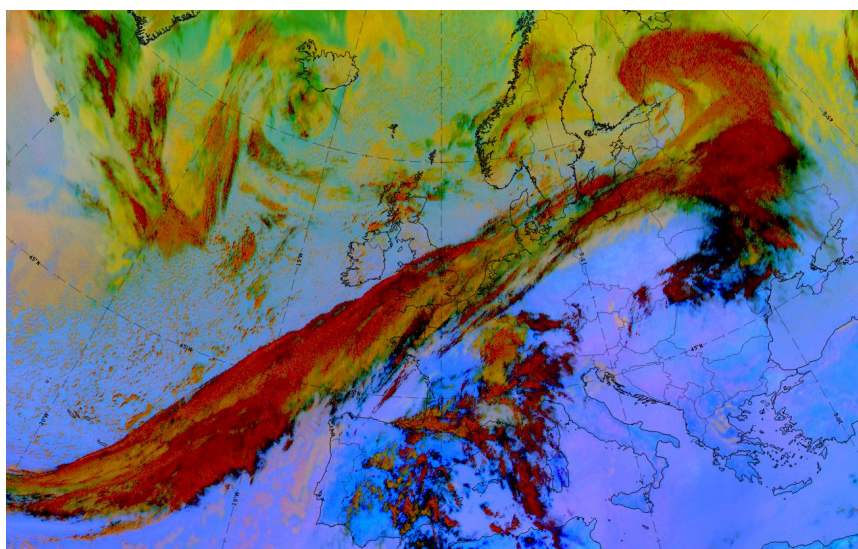
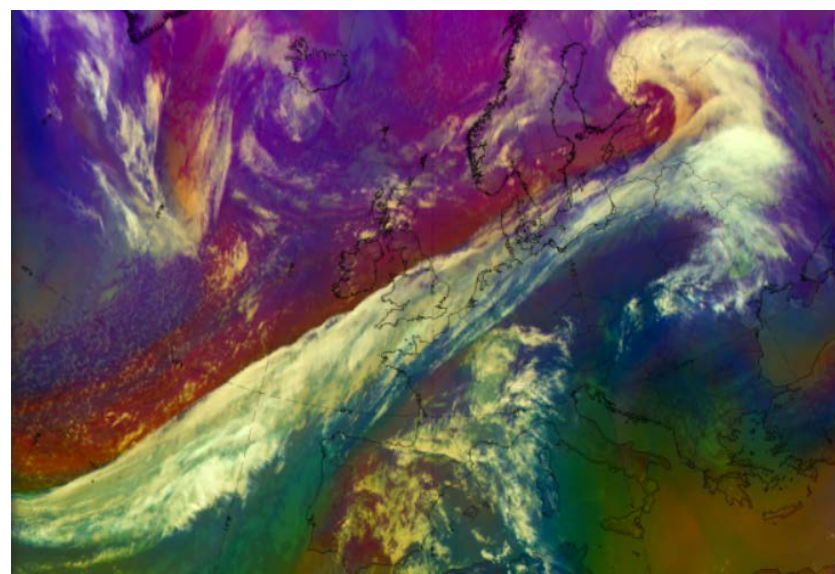
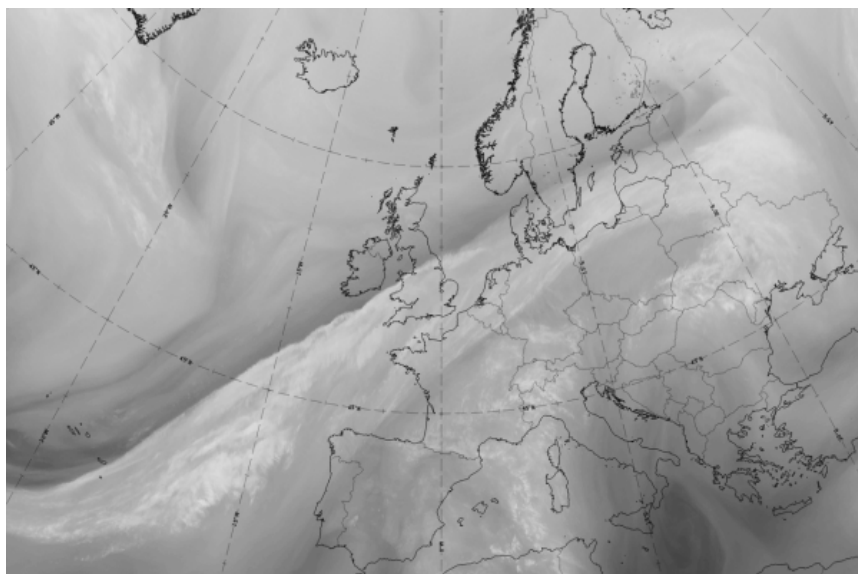


Схеми для базових RGB-продуктів. Зліва – Ана Холодний Фронт на Airmass RGB; справа – Ана Холодний Фронт на Dust RGB.

Випадок за 12 жовтня 2019 року, 12 UTC – це типовий приклад Ана холодного фронту, що простягається від Атлантики на північний схід до країн Балтії та Росії.



12 жовтня 2019, 12 UTC: IR (зліва) та HRV (справа) зображення.



12 жовтня 2019, 12 UTC:
 верхній ряд – зображення WV (зліва) + Airmass RGB (справа);
 нижній ряд – зображення Dust RGB.

IR – найяскравіші кольори в задній частині хмарної смуги.

HRV – найяскравіші кольори у передній частині хмарної смуги.

WV – світло-сірий з яскравішими осередками та темною смугою в задній частині хмарного пасма.

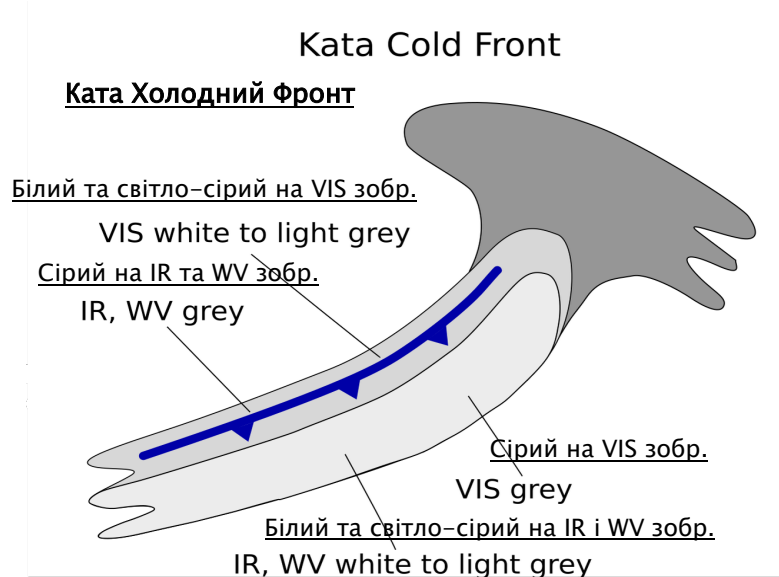
Airmass RGB – зеленуваті кольори перед смугою хмар (теплі повітряні маси); сині кольори за хмарною смугою (холодні повітряні маси); широка коричнева смуга в задній частині хмарного пасма, що відображає холодне та сухе повітря.

Dust RGB – темно-червоні кольори (масивні крижані хмари); охристі кольори (водяні хмари середнього рівня) у передній частині хмарної смуги; чорні смуги (висока хмарність з волокнистою структурою) на передньому та задньому краях фронтальної смуги.

Ката холодний фронт

Вигляд в основних супутникових каналах:

- Структурований зовнішній вигляд.
- На VIS зображеннях (видимий спектр) найяскравіша ділянка розташована від заднього краю до середньої частини хмарної смуги, це вказує на водяні хмари нижчого рівня.
- На IR і WV зображеннях найяскравіша ділянка простягається від переднього краю до середньої частини хмарної смуги, вказуючи на холодні та високорівневі вершини хмар, часто з наявними хмарами Cumulonimbus (Cb).



Вигляд на зображеннях базових RGB-продуктів:

Airmass RGB

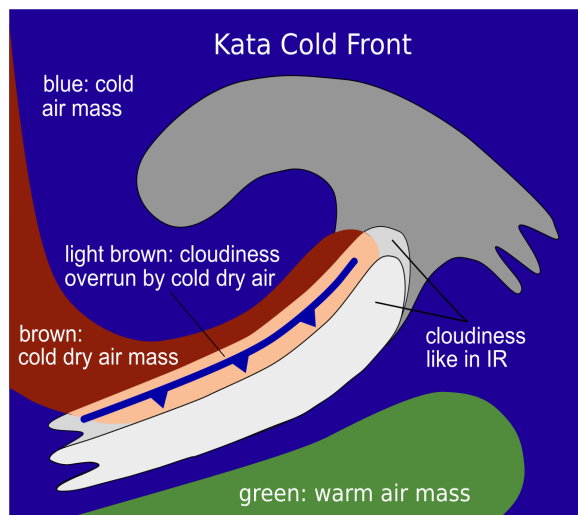
У тильній частині Ката Холодних Фронтів, холодне повітря, яке опускається вниз, проявляється у вигляді синіх і коричневих ділянок, що вказує на холод, а також на наявність холодних та сухих мас повітря.

Хмарна смуга Ката Холодного Фронту має дуже схожий вигляд на Airmass RGB та на IR-зображеннях; у випадку з Ката фронтами, струминна течія і, отже, сухе повітря на стороні циклону часто проникають у частини фронтальної смуги хмар, і ці області мають на зображеннях коричневу тінь.

Dust RGB

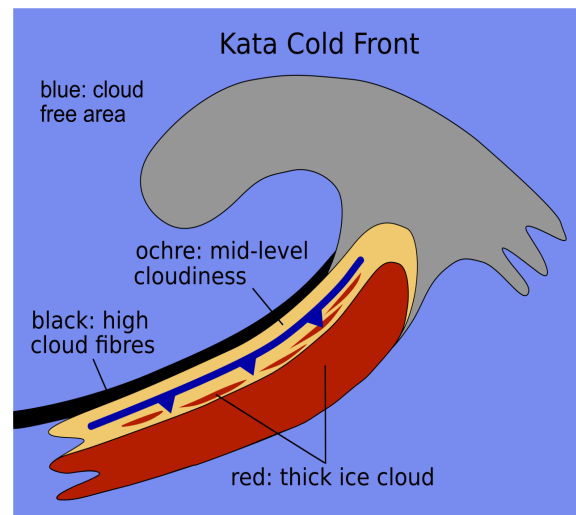
Ділянки навколо Ката холодного фронту, особливо на тильній стороні, демонструють блакитні або рожевувато-блакитні кольори (у випадку, якщо внизу немає хмар). Хмарні осередки мають переважно жовтуватий або охристий колір.

Найбільша частина хмарної смуги Ката холодного фронту відображається темно-червоним або червоно-коричневим кольорами на зображеннях Dust RGB (це вказує на масивні крижані хмари). Ділянки жовтуватого кольору між червоно-коричневими областями вказують на хмарність середнього рівня. На передньому та тильному краях Ката Холодного фронту часто можна побачити чорні волокнисті структури, що вказує на високі напівпрозорі хмари.



Ката Холодний Фронт

- Блакитний колір: холодна повітряна маса.
- Коричневий: холодна та суха повітряна маса.
- Світло-коричневий: хмарність у холодній, сухій повітряній масі.
- Білувато-сірий колір: Хмарність як і на IR-зображеннях.
- Зелений колір: тепла повітряна маса.

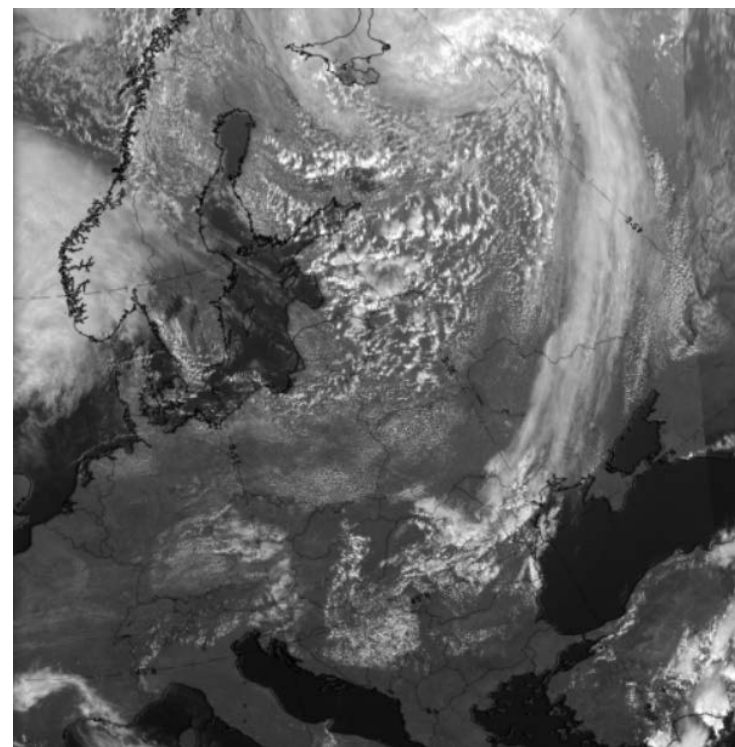
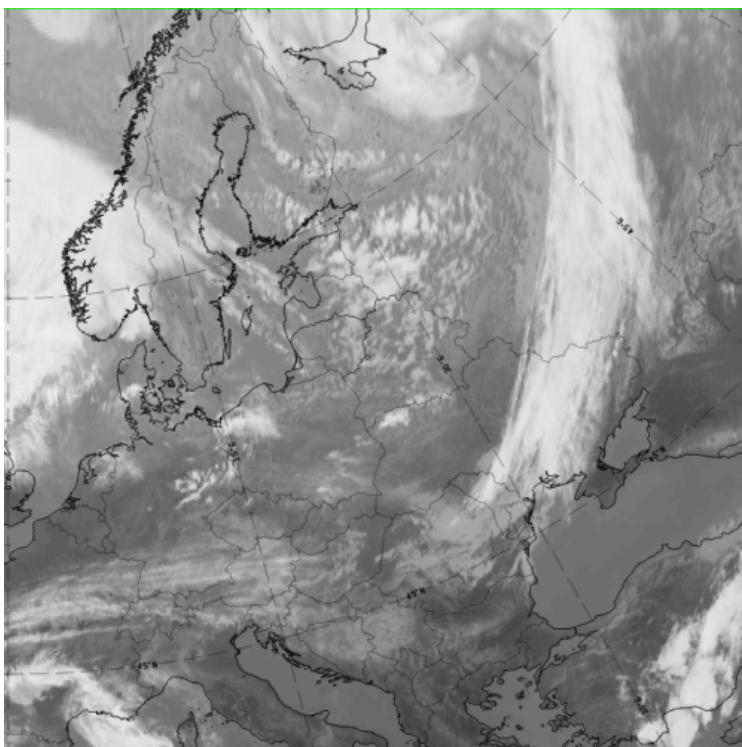


Ката Холодний Фронт

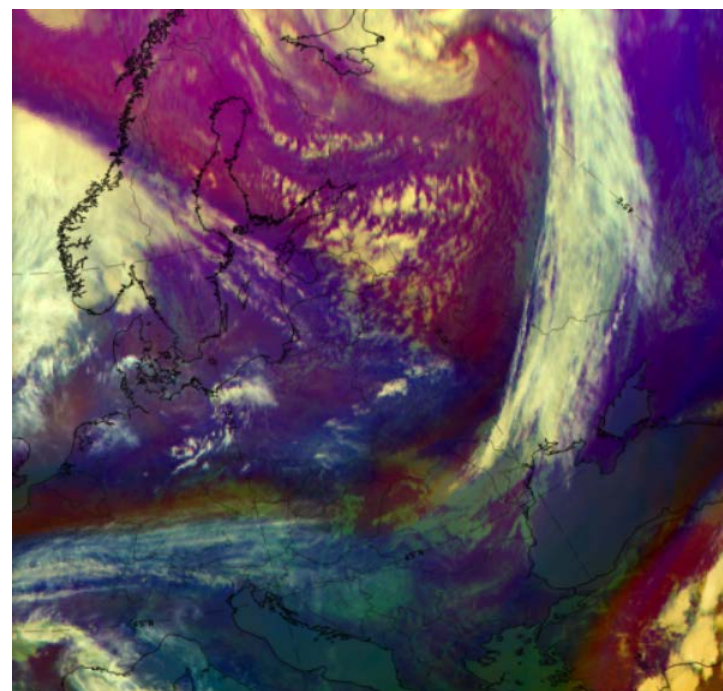
- Блакитний колір: ділянки без хмарності.
- Колір охри: хмарність середнього рівня.
- Чорний колір: висока хмарність з волокнистою структурою.
- Червоний колір: масивні крижані хмари.

Зверху зліва – Airmass RGB; зверху справа – Dust RGB.

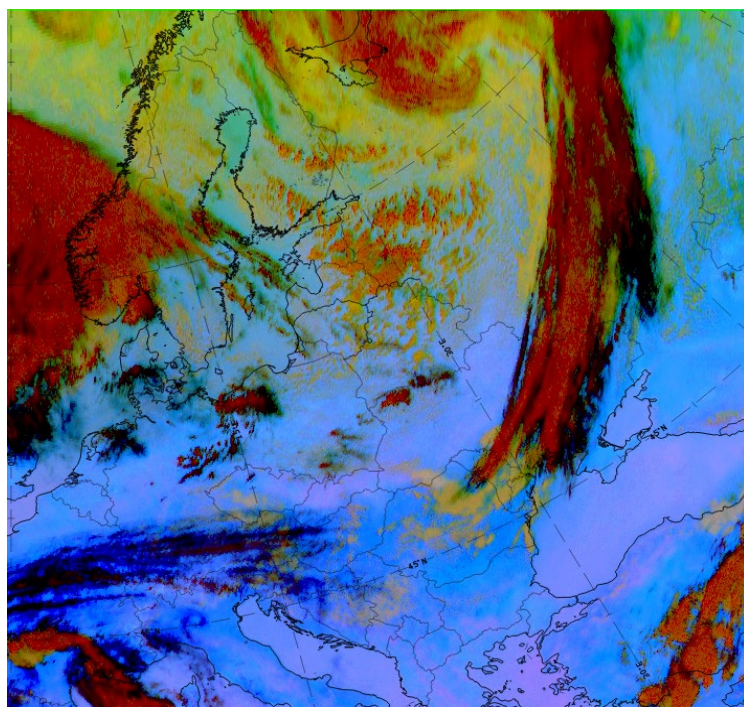
Дані на 14 вересня 2019 року, 12 UTC. Зображено дуже типовий приклад холодного фронту Ката, який досяг північно-східної Європи, поширюючись від України на північ до Росії.



14 вересня 2019 р., 12UTC. IR зобр. (зліва), HRV зобр. (справа).



14 вересня 2019 р., 12UTC. WV зобр. (зліва), Airmass RGB зобр. (справа)



14 вересня 2019 р., 12UTC. Зображення Dust RGB.

- **IR** – Яскраві кольори зі структурами з'являються по всій хмарній смузі.
- **HRV** – Найяскравіші кольори ближче до тильної сторони хмарної смуги.
- **WV** – Світло-сірий із яскравішими структурами та темною смугою в тилівій частині. Друга темна смуга посередині Норвегії та Швеції, перпендикулярно до Ката Холодного Фронті. Проникнення сухого повітря в цьому випадку не видно.
- **Airmass RGB** – На тилівій стороні хмарної смуги присутні кольори від темно-синього до коричневого (холодне та сухе повітря). Проникаюче сухе повітря, яке часто є характерним для холодного фронту типу Ката, у цьому випадку лише нечітко помітне там, де блакитна зона простягається майже перпендикулярно від узбережжя Норвегії до північно-західної України.
- **Dust RGB** – Темно-червоні кольори (наявні масивні крижані хмари) у центрі хмарної смуги. Великі чорні волокна (висока хмарність) на передньому та тилівому краях фронтової смуги.

Не завжди легко чітко розрізнити типи фронтів Ана і Ката. На стадіях раннього розвитку фронту, його передня частина зазвичай має тип Ана, а пізніше стає типом Ката. Ці два типи також можуть існувати в межах одного фронту.

Структура холодного фронту також може змінюватися залежно від інших властивостей, приєднаних або вбудованих у нього. Концептуальні моделі включають стадії розвитку фронту такі як Хвиля (Wave), Висотна Хвиля (Upper Wave), Посилення фронту при перетині струминної течії (Front Intensification by Jet Crossing) та Затухання фронту (Front Decay). Ката Холодні Фронти іноді можуть виглядати як Розділені Фронти (Split Fronts).

Метеорологічні фізичні основи

Фронти зазвичай утворюються в межах барокліної межі між холодними і теплими повітряними масами. Основним фізичним процесом розвитку холодних фронтів є рух холодного повітря проти теплого повітря в рамках розвитку класичного полярного фронту. Тепле повітря піднімається вздовж межі, а холодне опускається нижче. Якщо вологості достатньо, висхідний рух призводить до конденсації, розвитку хмар та опадів.

Холодні фронти можна розділити на два типи: **Ана Холодні Фронти** і **Ката Холодні Фронти**. Головною ознакою, яка розділяє різні типи холодних фронтів, є орієнтація струменя відносно фронту в середніх і верхніх шарах тропосфери:

- У випадку Ана Холодного Фронту, вісь струменя та суха інтрузія є паралельними фронтальній смузі хмар і утворюють добре виражений тиловий край хмари.
- У разі Ката Холодного Фронту вісь струменя перетинає фронтальну смугу хмар.

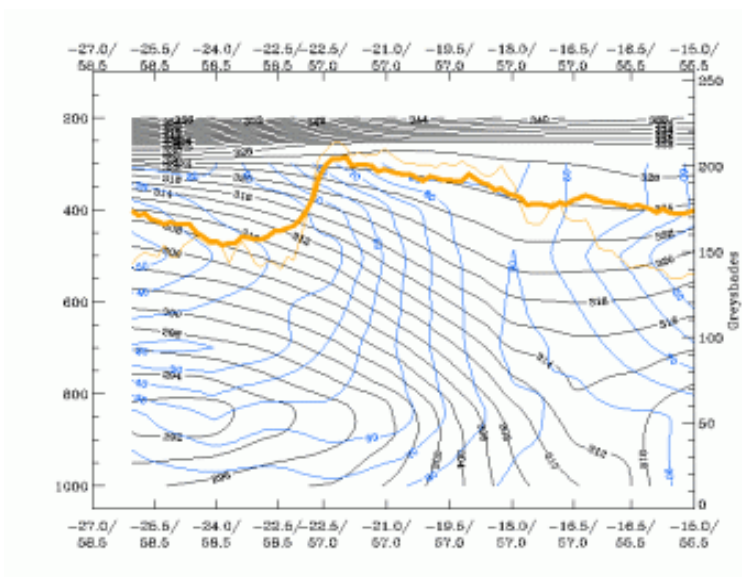
Обговорення

У літературі, а також у дослідженнях, проведених Центральним Інститутом Метеорології та Геодинаміки Австрії (ZAMG) та Фінським Метеорологічним Інститутом (FMI), є деякі невизначеності щодо структури холодних фронтів типів Ана та Ката:

- Не завжди цілком зрозуміло, чи є холодний фронт типом Ана чи типом Ката.
- Навіть у межах одного фронту можна спостерігати структури обох типів Ана та Ката; у цих випадках ознаки Ана фронту можна знайти поблизу точки оклюзії, тоді як структури Ката Фронту переважають у тих фронтальних частинах, що розташовані подалі від точки оклюзії.
- Фронтальна хмарність, особливо на холодному фронті Ката, часто утворюється не лише внаслідок перенесення теплого та вологого повітря. Тиллові частини хмарної смуги утворюються за наявності висотного потоку, що бере початок від улоговини за холодним фронтом. Цей вологий висхідний потік іноді можна простежити назад аж до області хмар теплого фронту. Таким чином, цей висотний потік додається до схем, що описують модель фронтів Ана і Ката.

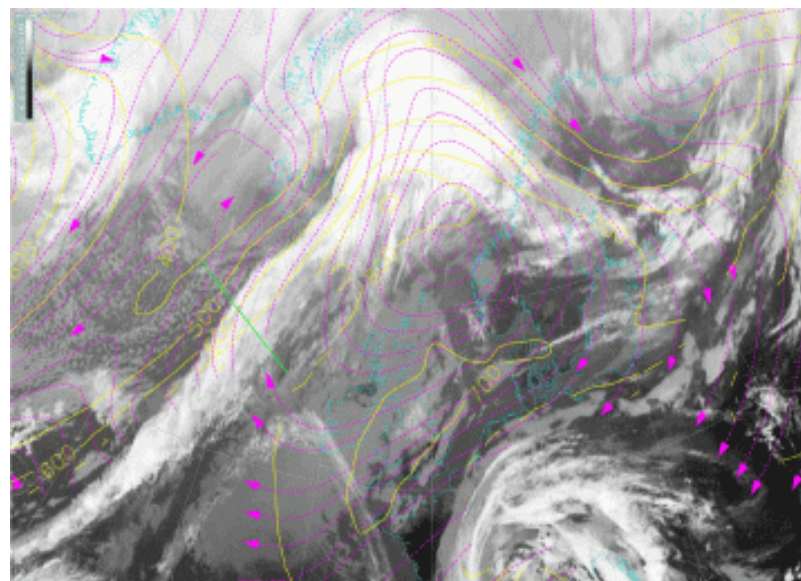
04 жовтня 2005, 12.00 UTC – Вертикальний переріз атмосфери.

Чорні лінії – ізентропи (θ_e), сині лінії – відносна вологість, помаранчеві тонкі лінії – значення IR пікселів, помаранчева товста лінія: значення WV пікселів.

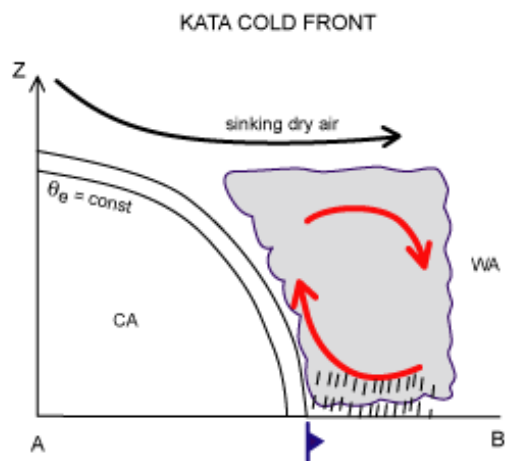


04 жовтня 2005, 12.00 UTC – Meteosat 8, зображення IR 10.8.

Яскраво-рожеві лінії – відносні потоки при 308K та швидкості системи 236° 15 м/с; жовті лінії – ізобари при 308K; зелена лінія вказує на положення вертикального перерізу.



Ізоентропічна поверхня 308K знаходиться близько до верхньої межі фронтальної зони, що проходить через всю тропосферу. Фронтальна хмарність знаходиться під впливом теплового конвеєра (Warm Conveyor Belt).

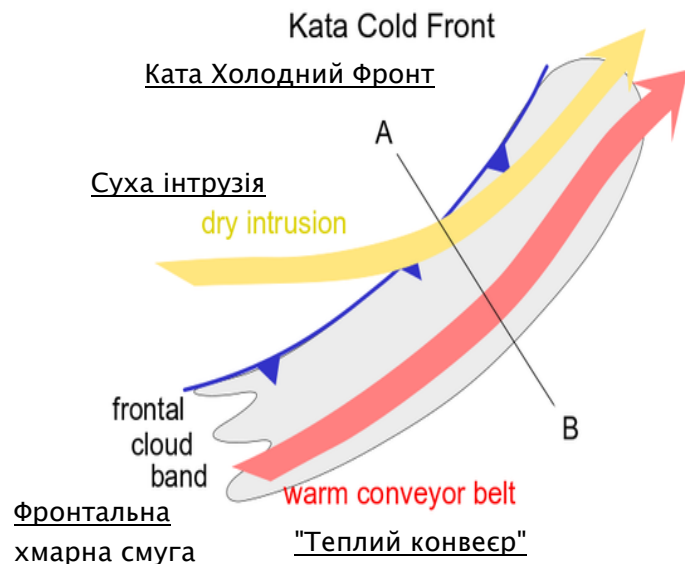


Ката холодний фронт

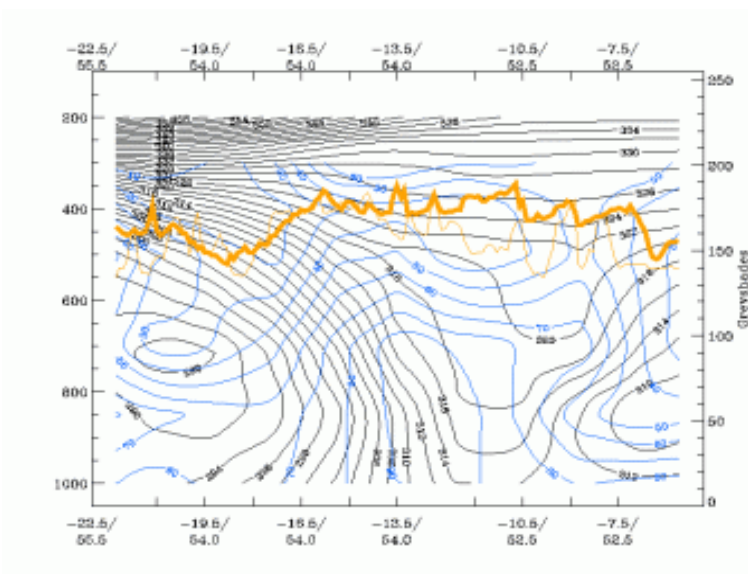
Відповідно до класичної теорії:

- Підйом теплого повітря обмежується сухим низхідним повітрям, що надходить із-за фронту і, як наслідок, розсіює вищі хмари.
- Основні зони хмарності та опадів розташовуються перед приземним фронтом.

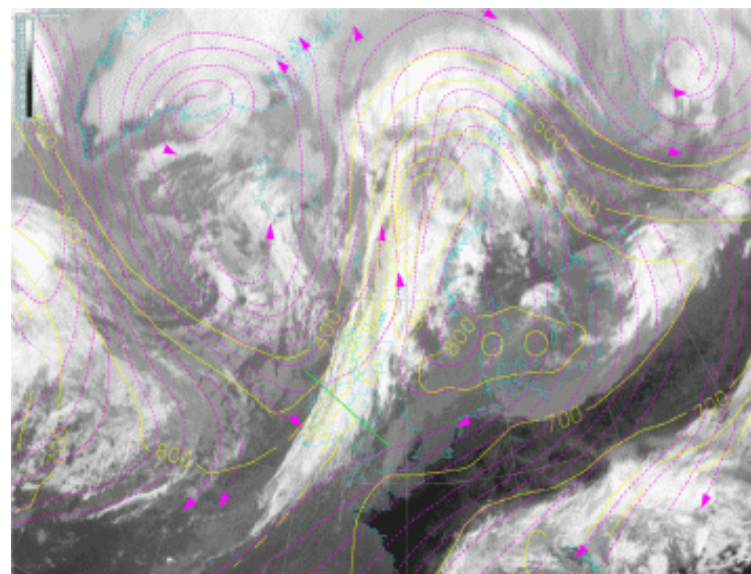
Відповідно до теорії конвеєрної стрічки (Conveyor Belt Theory):



- Так званий "теплий конвеєр" (Warm Conveyor Belt), що піднімається, переповнений сухою інтрузією.
- Сухе повітря походить із верхніх рівнів тропосфери або навіть із нижніх рівнів стратосфери та перетинає холодний фронт ззаду.
- Фронтальна хмарність і опади, як правило, лежать попереду приземного фронту.
- Верхівки хмар у зоні сухого повітряного потоку є відносно низькими, тоді як на передньому краї цієї області, верхівки хмар – вищі. Ця область вказує на так званий висотний холодний фронт.
- Повітряна маса, в яку надходить суша інтрузія – холодніша за повітря в "теплому конвеєрі". Інтрузія охолоджує повітря над холодним фронтом і попереду нього. Крім того, повітря висотного потоку має нижчу еквівалентну потенційну температуру. Результатом є розвиток умовно нестійкого шару поблизу переднього краю фронтальної смуги хмар. Це можна спостерігати як перетворення шаруватих хмар у конвективні.



19 вересня 2005, 12.00 UTC – Вертикальний переріз атмосфери
 Чорні лінії – ізентропи (Θ_e), сині лінії – відносна вологість, помаранчеві тонкі лінії – значення IR пікселів, помаранчева товста лінія – значення WV пікселів.



19 вересня 2005, 12.00 UTC – Meteosat 8, зображення IR 10.8.
 Яскраво-рожеві лінії – відносні потоки при 308K та швидкості системи 236° 15 м/с; жовті лінії – ізобари при 308K; зелена лінія вказує на положення вертикального перерізу.

Ізентропічна поверхня 312K знаходиться близько до верхньої межі фронтальної зони. Відносні потоки показують, що більша частина фронтальної смуги хмар знаходиться під впливом вологого висотного потоку, що рухається ззаду. "Теплий конвеєр" пов'язаний лише з деякою хмарністю на передньому краї хмарної смуги.

Існує багато спільного між Ката холодними фронтами та Розділеними фронтами (Split Fronts). Основна відмінність полягає в орієнтації струменя і передньої фронтальної частини.

Зазвичай вважається, що **Ката холодний фронт** розвивається з **Ана холодного фронту**. Оскільки бароклінічні збурення часто розвиваються над Атлантикою, то новорозвинуті Ана фронти в основному можна виявити там. Тоді як більш старі, континентальні фронти є переважно Ката типу. Іншою причиною просторових відмінностей може бути те, що нижні частини фронту сповільнюються через тертя підстильної поверхні континенту, тоді як верхні частини продовжують рухатися з більшою швидкістю.

Ключові параметри

- **Еквівалентна товщина**

Градiєнтна зона еквівалентної товщини:

- Ана Холодний Фронт: в межах хмарної смуги
- Ката Холодний фронт: за смугою хмар

- **Параметр термічного фронту (ПТФ) – Thermal front parameter (TFP)**

Максимум ПТФ супроводжує хмарну смугу:

- Ана Холодний Фронт: в передній зоні хмарної смуги
- Ката Холодний фронт: у тилівій частині хмарної смуги

- **Температурна адвекція (ТА)**

Попереду холодного фронту спостерігається відносно слабка тепла адвекція, а за ним – виражена холодна адвекція.

- Ана Холодний Фронт: хмарність зазвичай знаходиться в межах холодної адвекції, $TA=0$ попереду хмарної смуги
- Ката Холодний Фронт: хмарність зазвичай лежить у межах теплої адвекції, $TA=0$ у хмарній смузі

- **Позитивна адвекція завихреності (Positive vorticity advection – PVA) у верхніх шарах атмосфери.**

Максимуми PVA можна знайти в тилу хмарної смуги, що вказує на поширення висотної улоговини та/або наближення струминної течії.

- **Ізотахи при 300 гПа**

- Ана Холодний Фронт: струмінь проходить поза смугою хмар і паралельно їй. Струмінь перетинає фронтальну систему в області точки оклюзії. Фронт знаходиться на антициклонічному боці струменя.
- Ката холодний фронт: струмінь перетинає холодний фронт під гострим кутом; залежно від точки перетину струменя хмарна смуга може бути на антициклонічній або циклонічній стороні струменя.

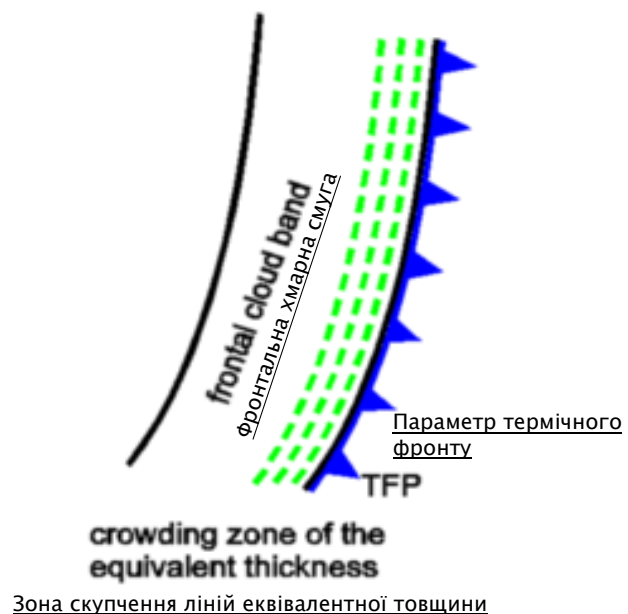
Як уже згадувалося, існує подібність між холодними фронтами Ката та Розділеними фронтами (Split Fronts). Основна відмінність полягає в орієнтації струменя та самого фронту: у випадку Split Front струмінь наближається ззаду майже під прямим кутом.

- **Зсувна завихреність (Shear vorticity) при 300 гПа**

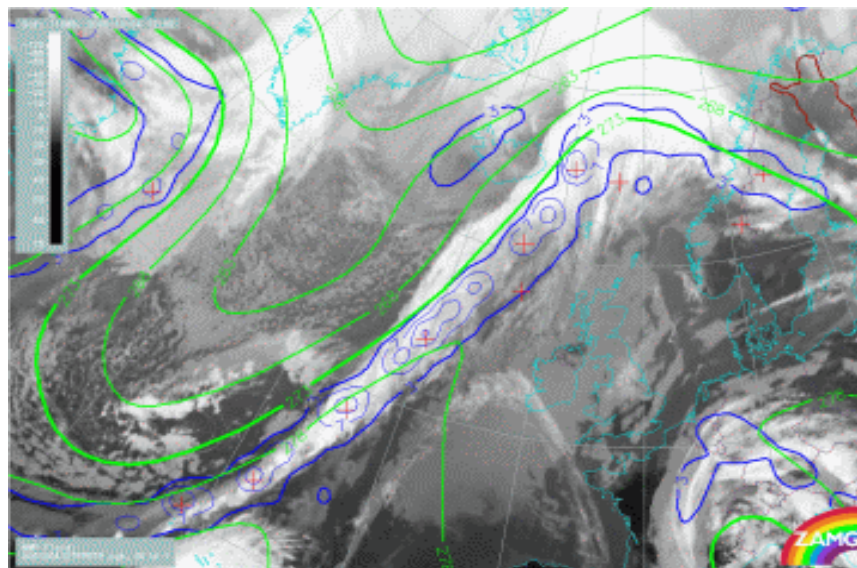
Нульова лінія зсувної завихреності:

- Ана Холодний Фронт: нульова лінія розташована близько до тилового краю хмари та паралельна йому
- Ката холодний фронт: нульова лінія перетинає холодний фронт.

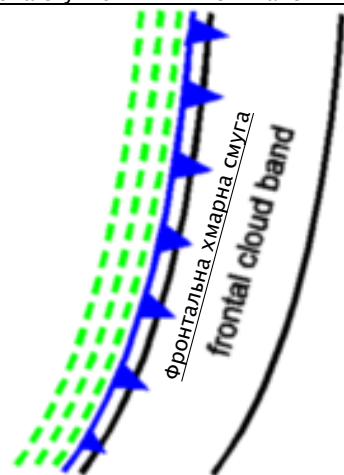
Еквівалентна товщина та параметр термічного фронту – Equivalent thickness and Thermal Front Parameter (TFP)



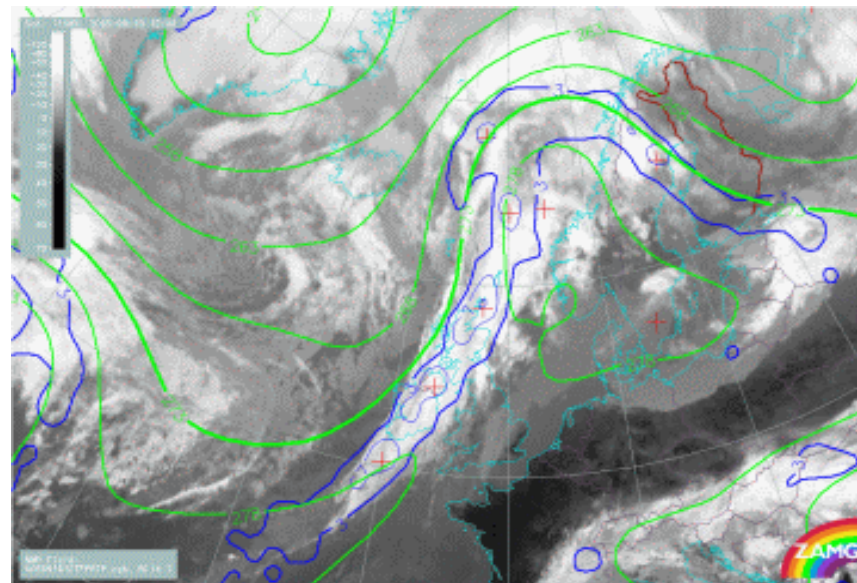
04 жовтня 2005/12.00 UTC, зображення Meteosat 8 IR 10.8, Ана фронт;
сині лінії – параметр термічного фронту при 500/850 гПа,
зелені лінії – еквівалентна товщина при 500/850 гПа



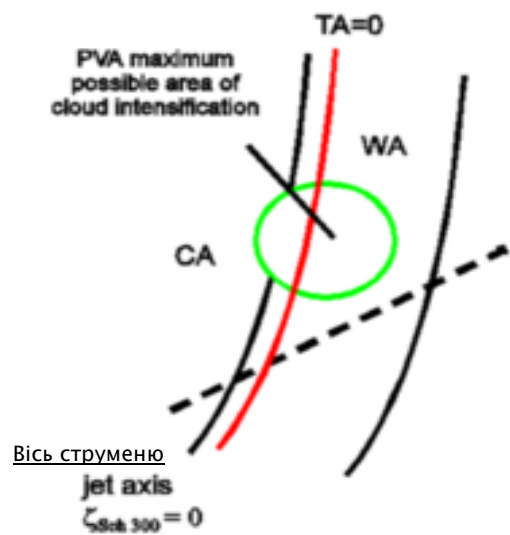
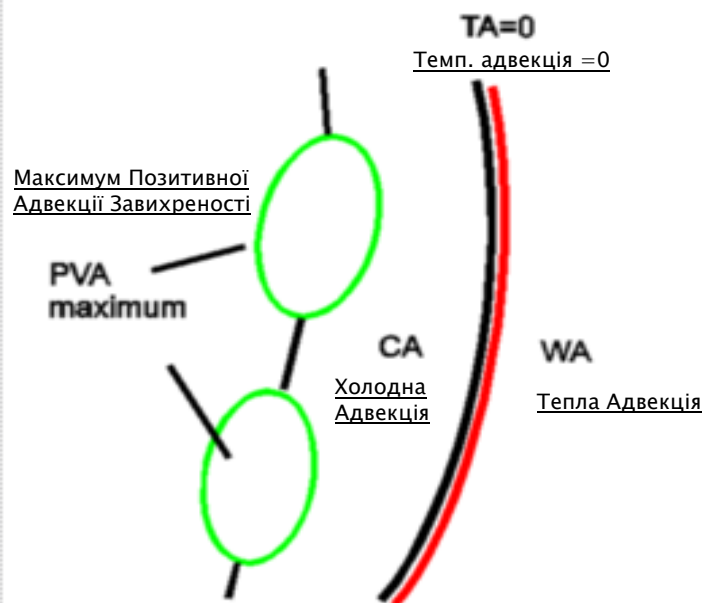
crowding zone of the
equivalent thickness
Зона скупчення ліній еквівалентної товщини



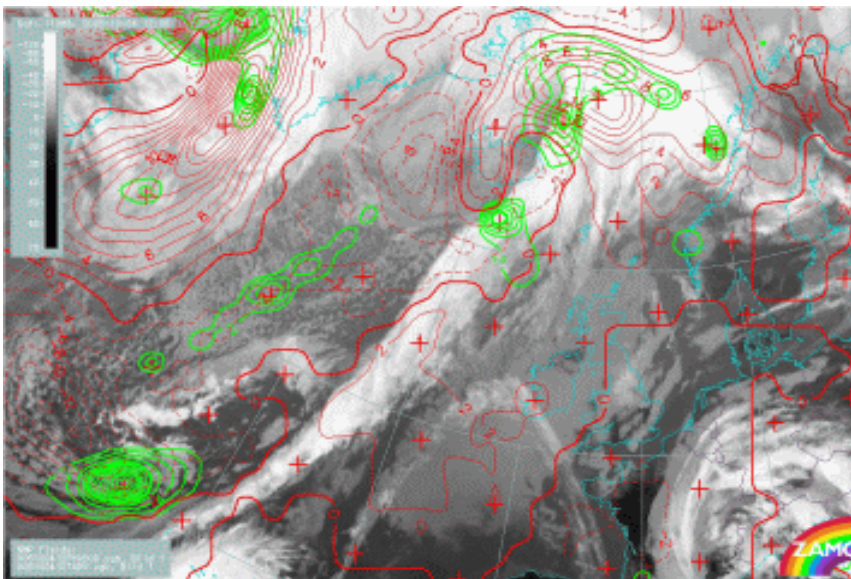
19 вересня 2005/12.00 UTC, зображення Meteosat 8 IR 10.8, Ката фронт;
сині лінії – параметр термічного фронту при 500/850 гПа,
зелені лінії – еквівалентна товщина при 500/850 гПа



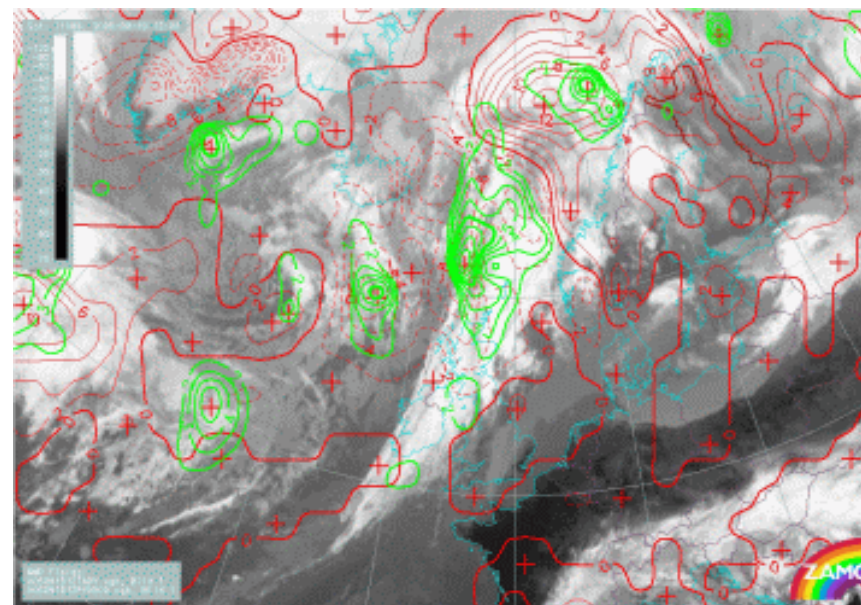
Температурна адвекція та позитивна адвекція завихреності – Temperature Advection (TA) and Positive Vorticity Advection (PVA)



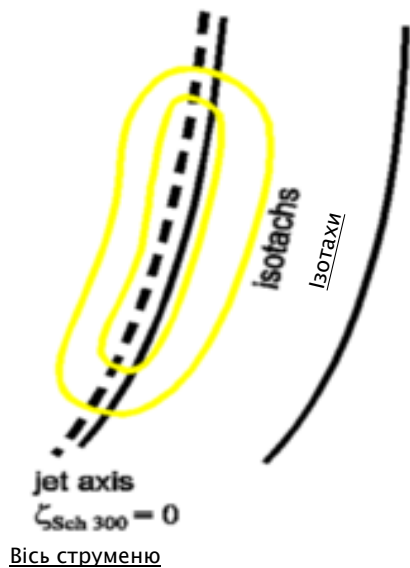
04 жовтня 2005/12.00 UTC, зображення Meteosat 8 IR 10.8; червоні лінії – температурна адвекція при 500/1000 гПа, зелені лінії – адвекція завихреності при 500 гПа.



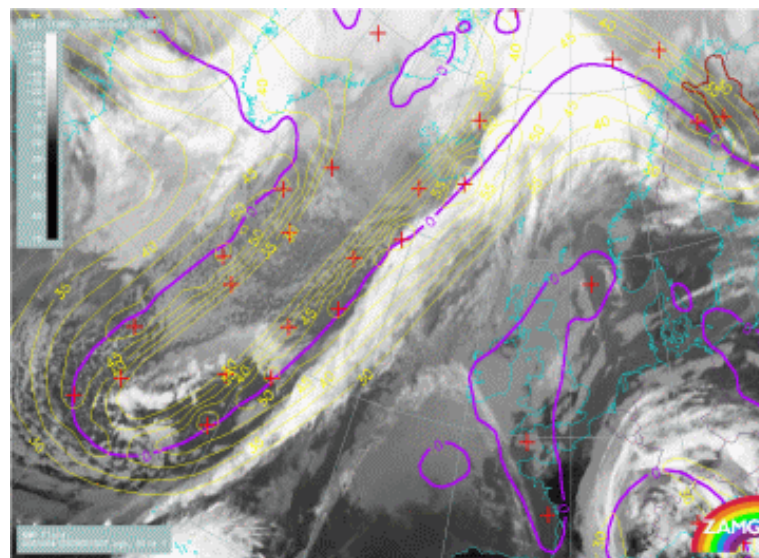
19 вересня 2005/12.00 UTC, зображення Meteosat 8 IR 10.8; червоні лінії – температурна адвекція при 500/1000 гПа, зелені лінії – адвекція завихреності при 500 гПа.



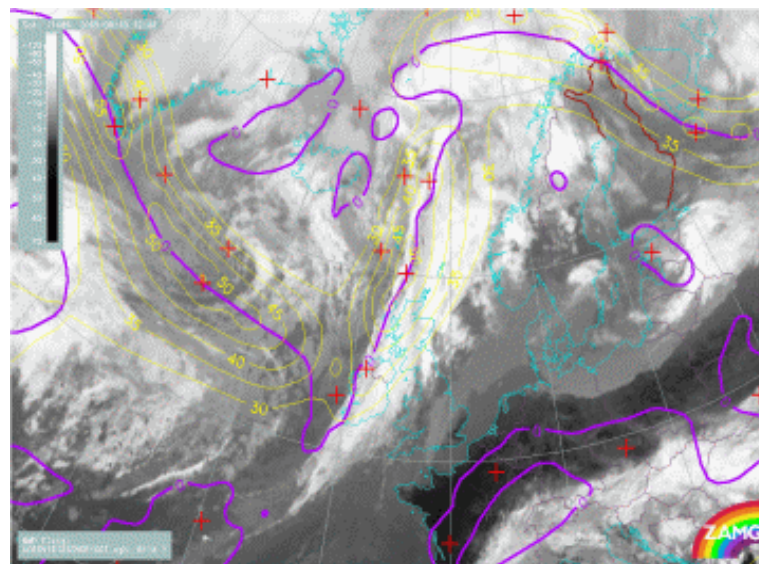
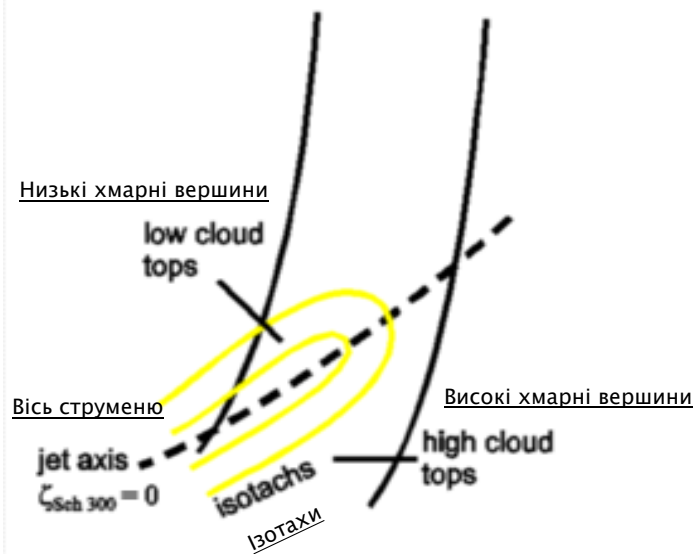
Ізотахи та зсувна завихреність при 300 гПа



04 жовтня 2005/12.00 UTC, зображення Meteosat 8 IR 10.8;
 жовті лінії – ізотахи при 300 гПа, фіолетові лінії – нульова лінія
 зсувної завихреності.



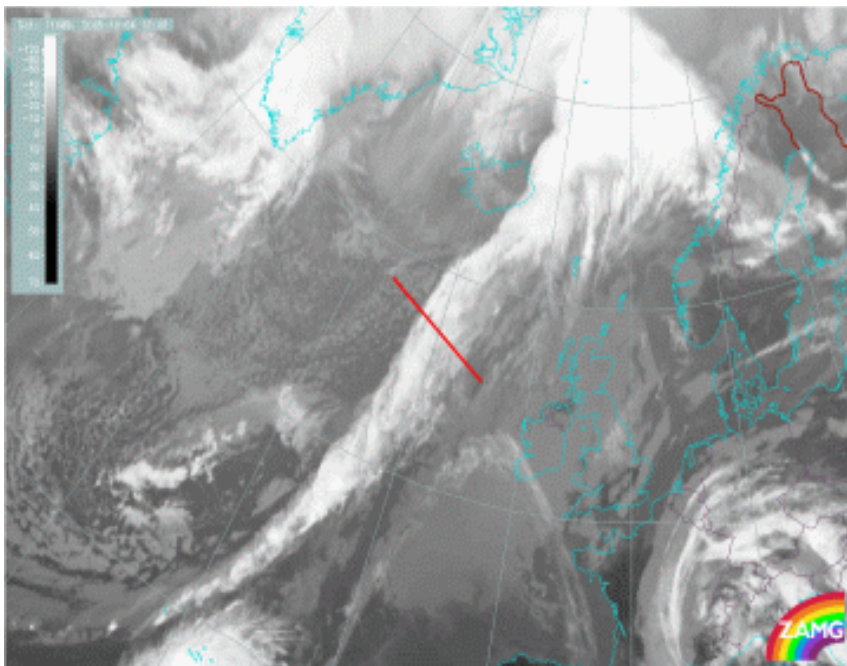
19 вересня 2005/12.00 UTC, зображення Meteosat 8 IR 10.8;
 жовті лінії – ізотахи при 300 гПа, фіолетові лінії – нульова лінія
 зсувної завихреності.



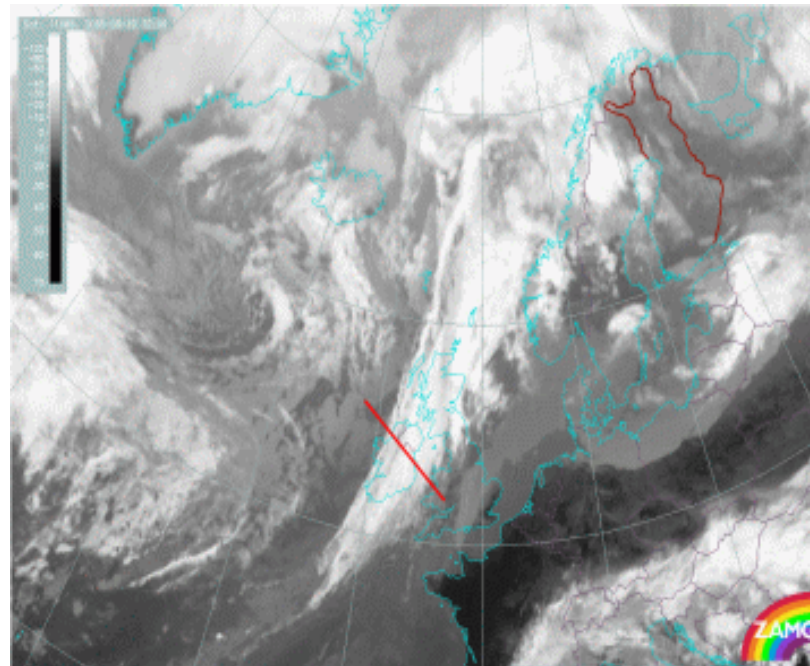
Типовий зовнішній вигляд у вертикальних поперечних перерізах атмосфери

- Ізентропи показують нахилenu вниз градієнтну зону (фронтальну зону), яка простягається через всю тропосферу.
- Перед фронтальною зоною присутня тепла адвекція, а за нею – холодна. Холодна адвекція набагато більш виражена, ніж тепла.
- В Ана Холодному Фронті відносна вологість є високою перед фронтальною зоною і низькою за нею. У випадку Ката Холодного Фронту, зона високої вологості нахилена вперед і, отже, віддаляється від найвищої поверхні фронтальної зони з висотою. У Ката Холодному Фронті сухе повітря поширюється ззаду до фронтальної зони.
- Фронтальна зона лежить в межах позитивної адвекції завихреності, яка збільшується з висотою. Максимум – трохи нижче тропопаузи.
- Всередині фронтальної зони спостерігається конвергенція, а понад нею – дивергенція.
- Омега має негативні значення (рух вгору) всередині та над фронтальною зоною. Слабкі додатні значення (рух вниз) можна виявити за фронтальною зоною.

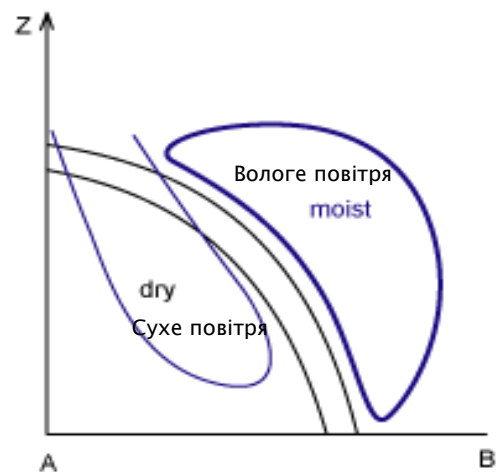
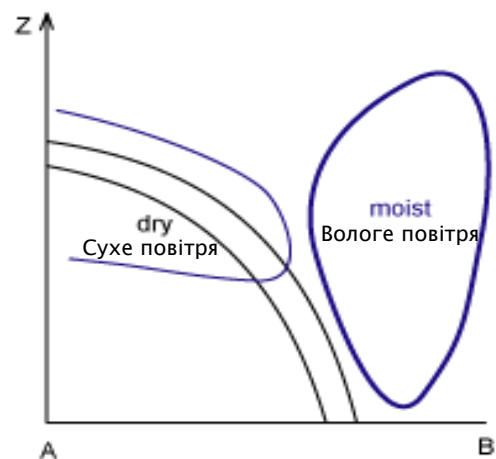
04 жовтня 2005/12.00 UTC, зображення Meteosat 8 IR 10.8; червона лінія вказує положення вертикального перерізу.



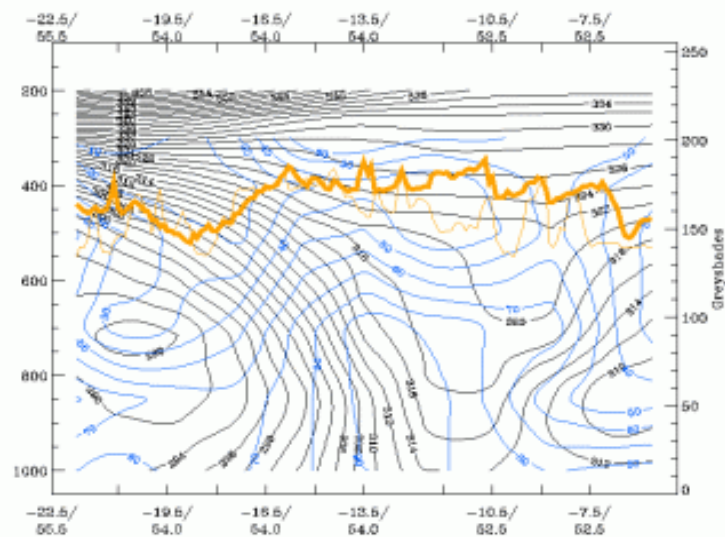
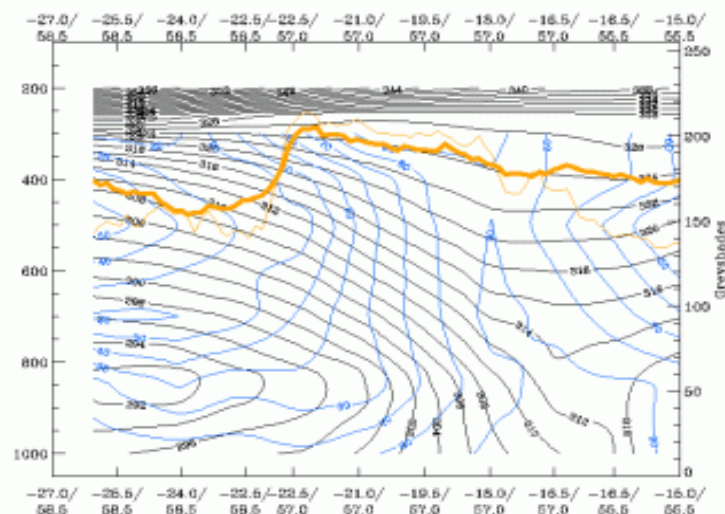
19 вересня 2005/12.00 UTC, зображення Meteosat 8 IR 10.8; червона лінія вказує положення вертикального перерізу.



Відносна вологість



04 жовтня 2005/12.00 UTC, Вертикальний переріз атмосфери;
чорні лінії – ізентропи (Θ_e), сині лінії – відносна вологість, помаранчеві тонкі лінії – значення IR пікселів, помаранчева товста лінія – значення WV пікселів.

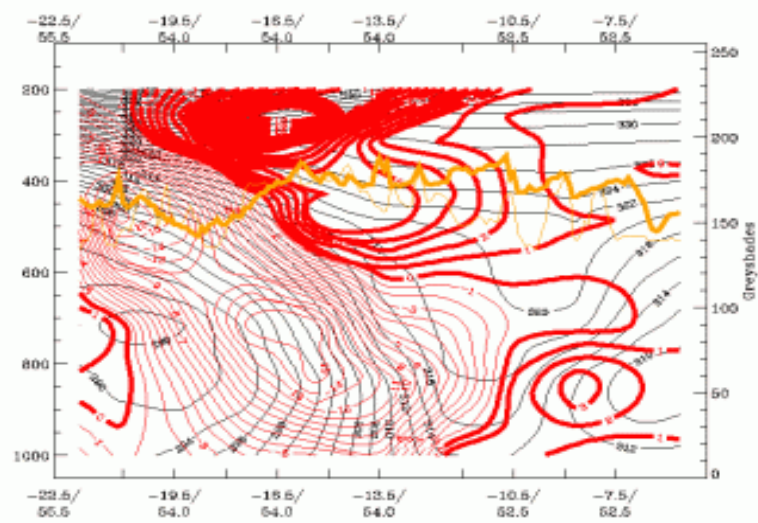


19 вересня 2005/12.00 UTC, Вертикальний переріз атмосфери;
чорні лінії – ізентропи (Θ_e), сині лінії – відносна вологість, помаранчеві тонкі лінії – значення IR пікселів, помаранчева товста лінія – значення WV пікселів.

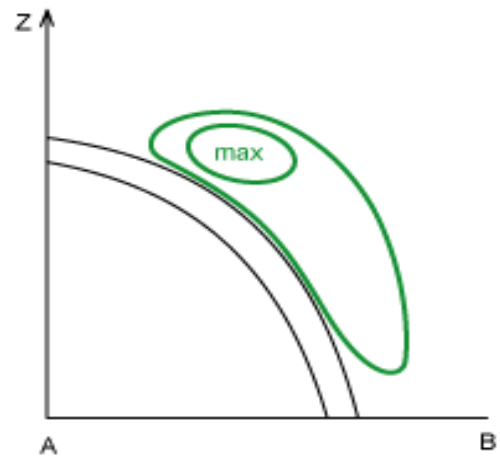
Температурна адвекція



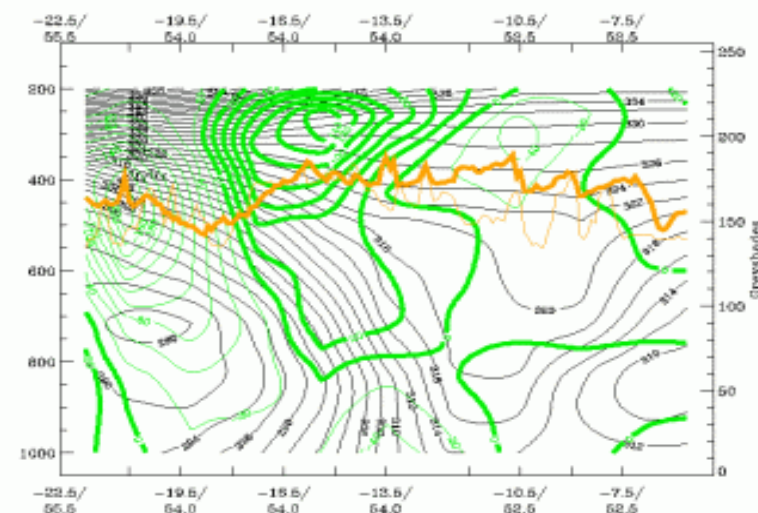
19 вересня 2005/12.00 UTC, Вертикальний переріз атмосфери; чорні лінії – ізентропи (Θ_e), червоні товсті лінії – температурна (тепла) адвекція, червоні тонкі лінії – температурна (холодна) адвекція, оранжеві тонкі лінії – значення IR пікселів, помаранчева товста лінія – значення WV пікселів.



Адвекція завихреності – Vorticity Advection



19 вересня 2005/12.00 UTC – Вертикальний переріз атмосфери; чорні лінії – ізентропи (Θ_e), зелені товсті лінії – позитивна адвекція завихреності (PVA), зелені тонкі лінії – негативна адвекція завихреності (NVA), помаранчева тонка лінія – значення IR пікселів, помаранчева товста лінія – значення WV пікселів.



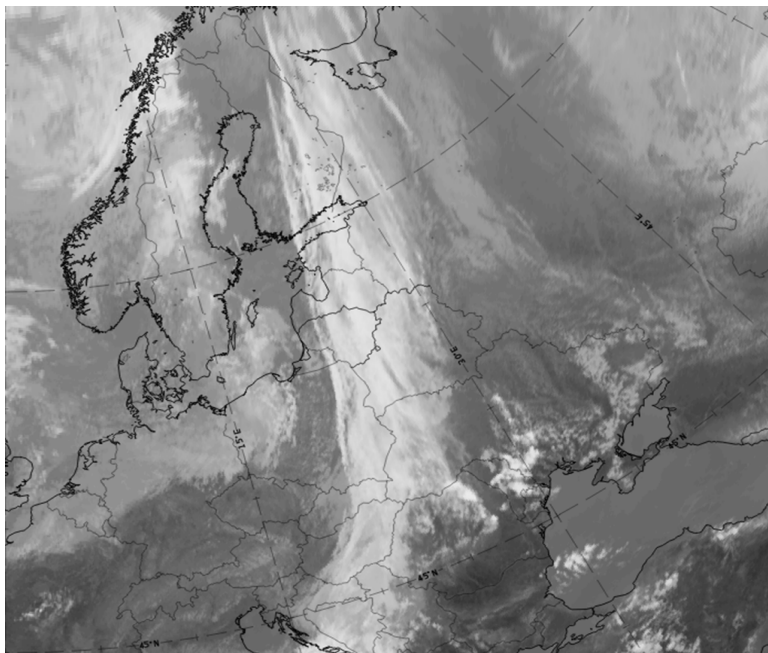
Синоптичні ситуації та явища

Характеристики погоди дуже мінливі і можуть відрізнятися від сезону до сезону. Тут описано особливості двох типів фронтів: Ана Холодних Фронтів та Ката Холодних Фронтів.

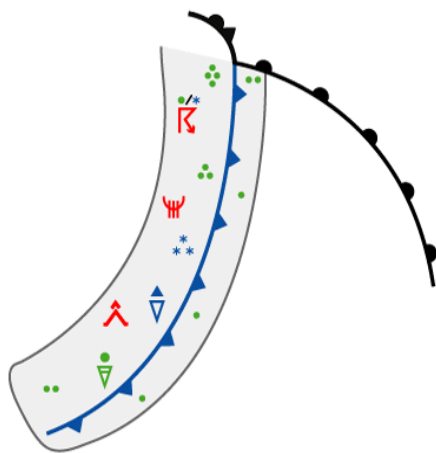
Ана Холодний фронт

Параметр	Опис
Опади (в тому числі грози)	<ul style="list-style-type: none">• Від помірних до сильних дощів.• Грози можуть спостерігатися в усі пори року.
Температура	<ul style="list-style-type: none">• Стрімко знижується після проходження фронту.• Над сушею взимку температура може підвищуватися після фронтального проходження.
Вітер (в тому числі пориви)	<ul style="list-style-type: none">• Навколо хмар Cumulonimbus можливі сильні пориви.• При проходженні фронту спостерігається поворот вітру.
Інша відповідна інформація	<ul style="list-style-type: none">• Опади спостерігаються у вузькій смузі хмар безпосередньо перед фронтом (лінійна конвекція)• В тилу приземного фронту часто відмічаються ділянки з інтенсивнішими опадами.• Є ризик помірною та навіть сильного обледеніння і турбулентності.

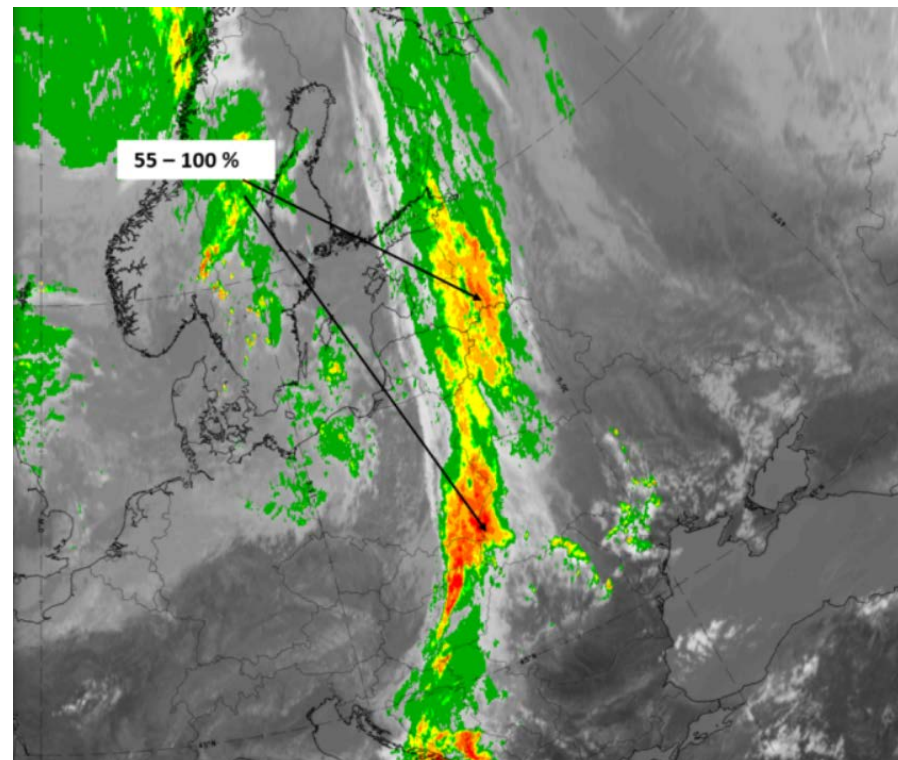
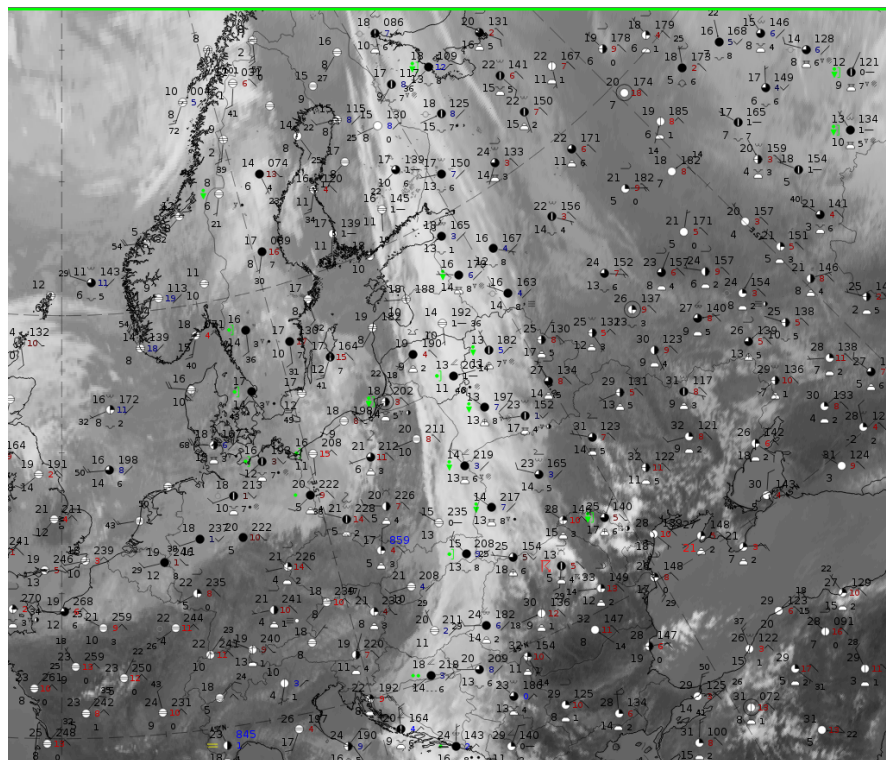
Вищеперераховані особливості найкраще проілюстровано за допомогою даних від 3 вересня 2019 року о 12 UTC, коли над північно-східною Європою з'явився холодний фронт Ана.



3 вересня 2019, 12 UTC: IR зображення.



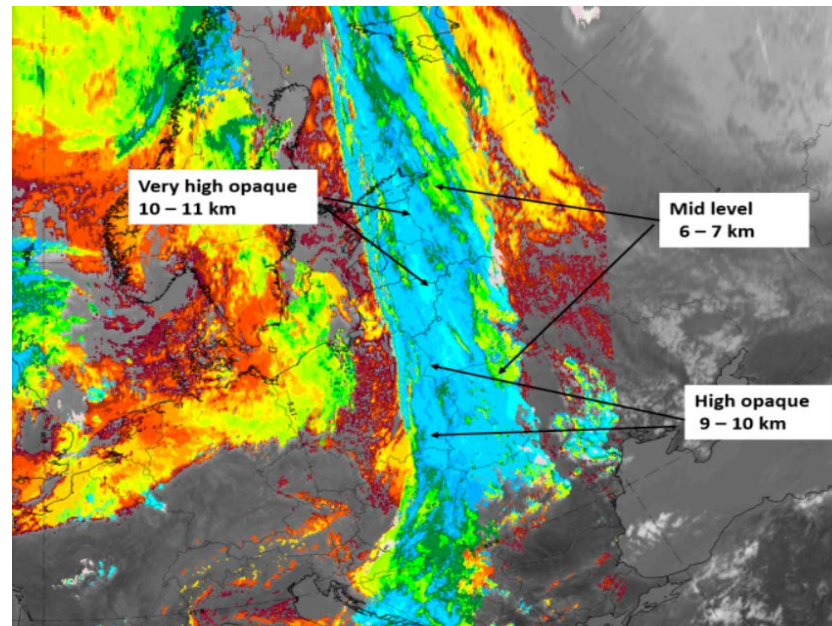
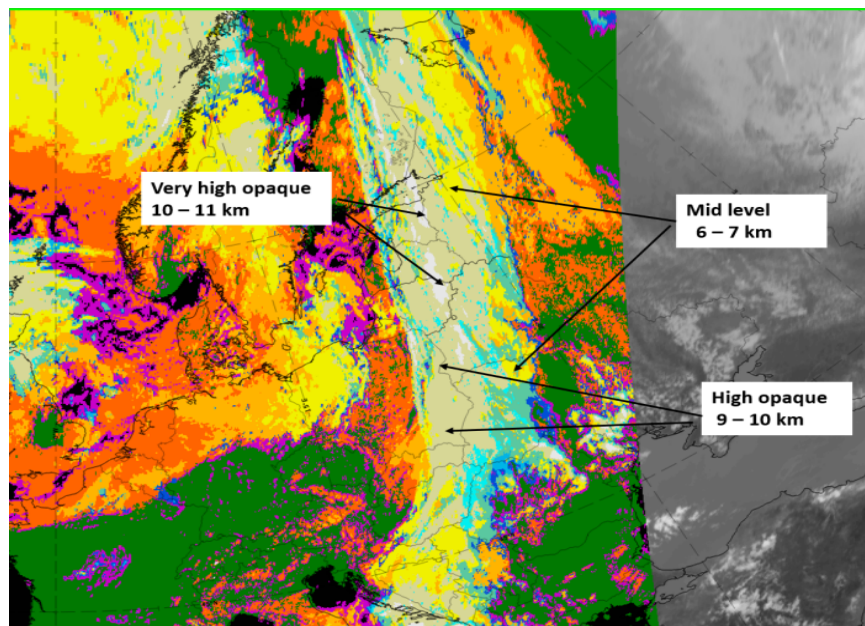
ANA COLD FRONT



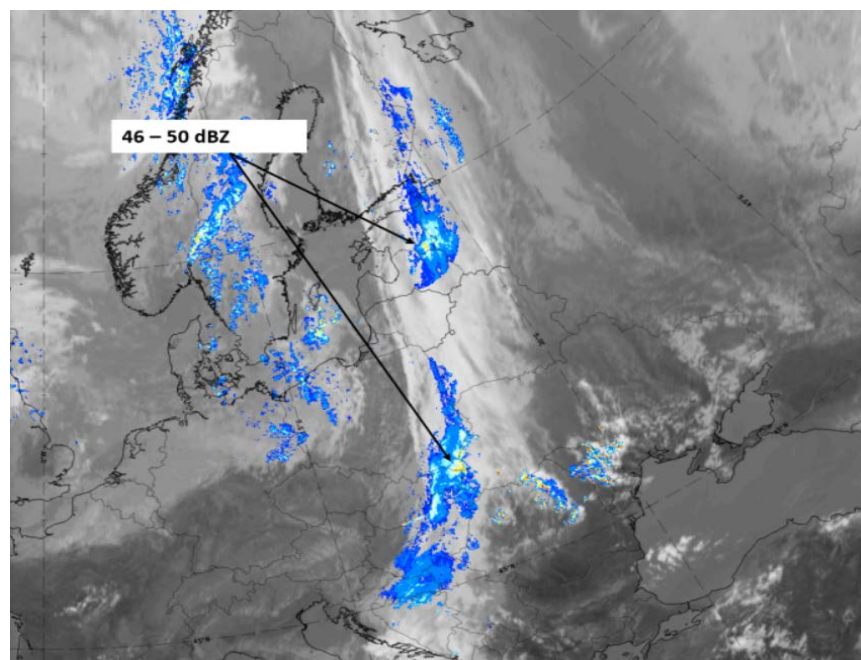
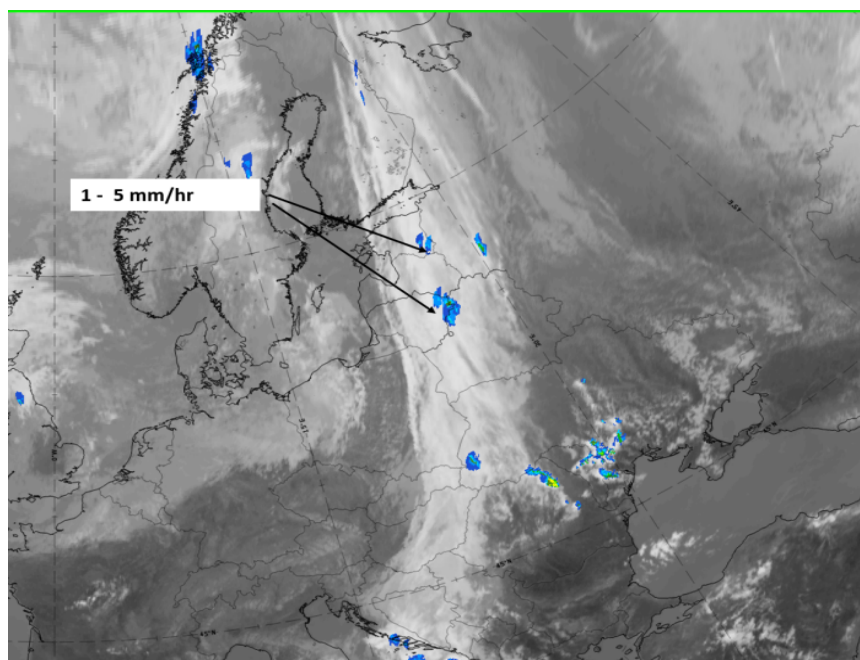
3 вересня 2019 р., 12 UTC: зображення IR + дані синоптичних спостережень (зліва) та зображення "Ймовірність помірної дощу" (Опадові хмари – Precipitating clouds, продукт NWC SAF) – справа.

Опади у вигляді злив при даному типі фронту є широко поширеним явищем. Порівняння IR зображення з зображенням "Ймовірність помірної дощу" від NWC SAF показує, що дані спостережень щодо опадів відповідають областям з найвищою ймовірністю опадів (помаранчеві та червоні області) на південь від 60° пн. ш.

3 вересня 2019 р., 12 UTC, зображ. IR superimposed: зліва – Cloud Type (продукт СТ NWCSAF), справа – Cloud Top Height (продукт СТТН-NWCSAF).



Примітка. Very high opaque – дуже високі непрозорі хмари; mid level – хмари середнього рівня; high opaque – високі непрозорі хмари.

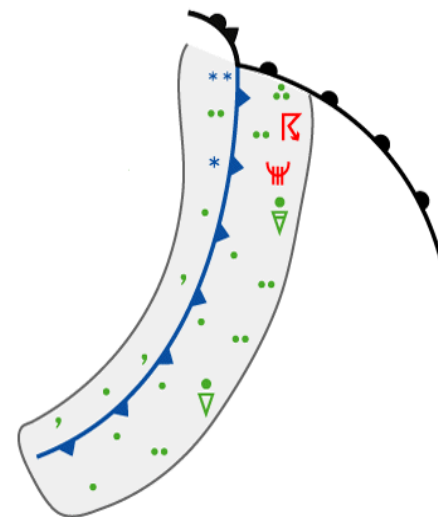
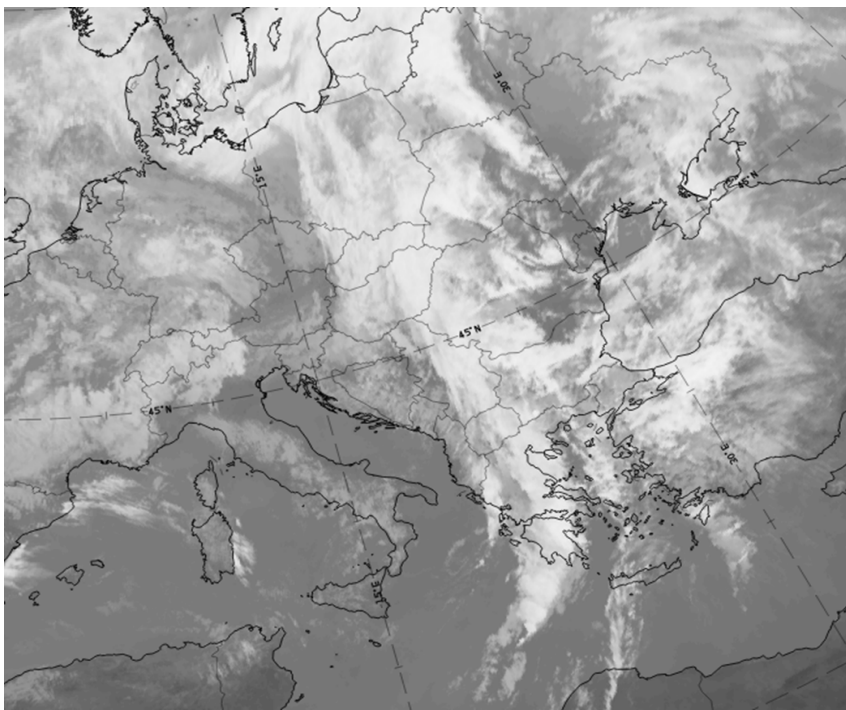


3 вересня 2019 р., 12 UTC, зображення IR superimposed: зліва – Convective Rainfall Rate (продукт – CRR NWCSAF), справа – інтенсивність радару від радіолокаційної системи Опера.

Ката Холодний Фронт

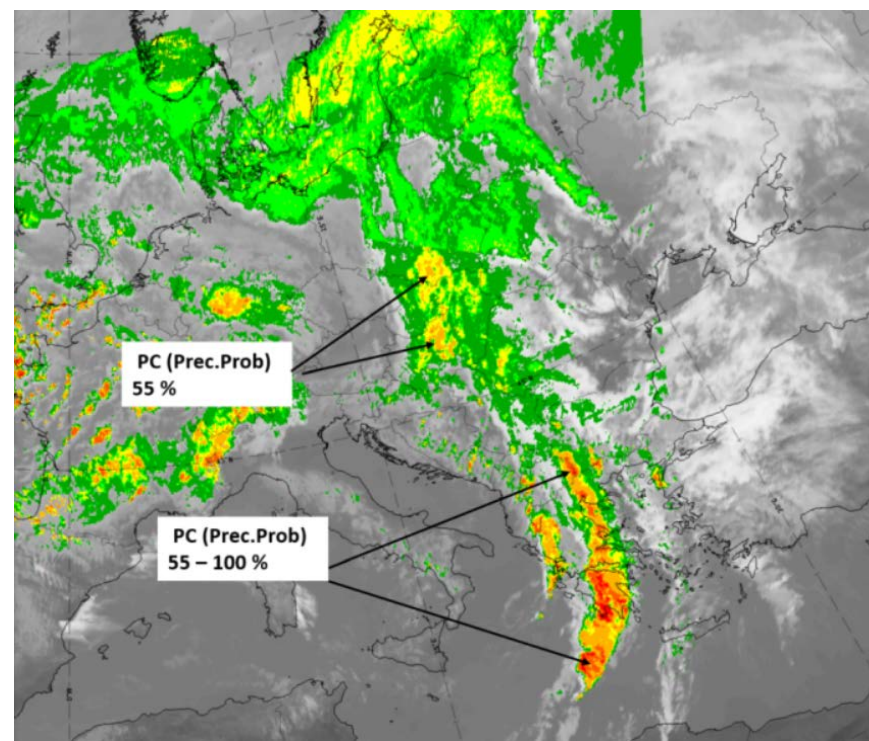
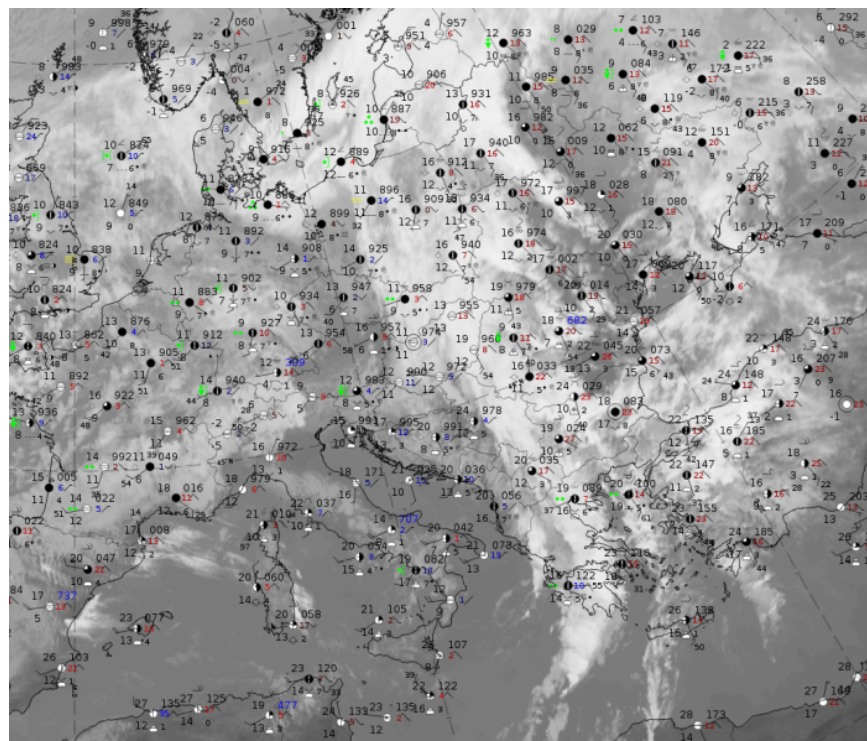
Параметр	Опис
Опади (в тому числі грози)	<ul style="list-style-type: none"> • Опади відмічаються перед приземним фронтом • Іноді опади спостерігаються вузькими смугами перед приземним фронтом • Грози можуть виникати в усі пори року
Температура	<ul style="list-style-type: none"> • Стрімко падає після проходження фронту • Температура може підвищуватися після фронтального проходження над сушею взимку
Вітер (в тому числі пориви)	<ul style="list-style-type: none"> • Навколо хмар Cumulonimbus можливі сильні пориви • При проходженні фронту відмічається поворот вітру
Інша відповідна інформація	<ul style="list-style-type: none"> • Ризик середнього та навіть сильного обледеніння • Ризик середньої та сильної турбулентності

Ці особливості найкраще проілюстровано за допомогою даних від 4 листопада 2019 року о 12 UTC, коли смуга Ката холодного фронту простягалася від Греції на північ через Балканський півострів аж до Польщі.



KATA COLD FRONT

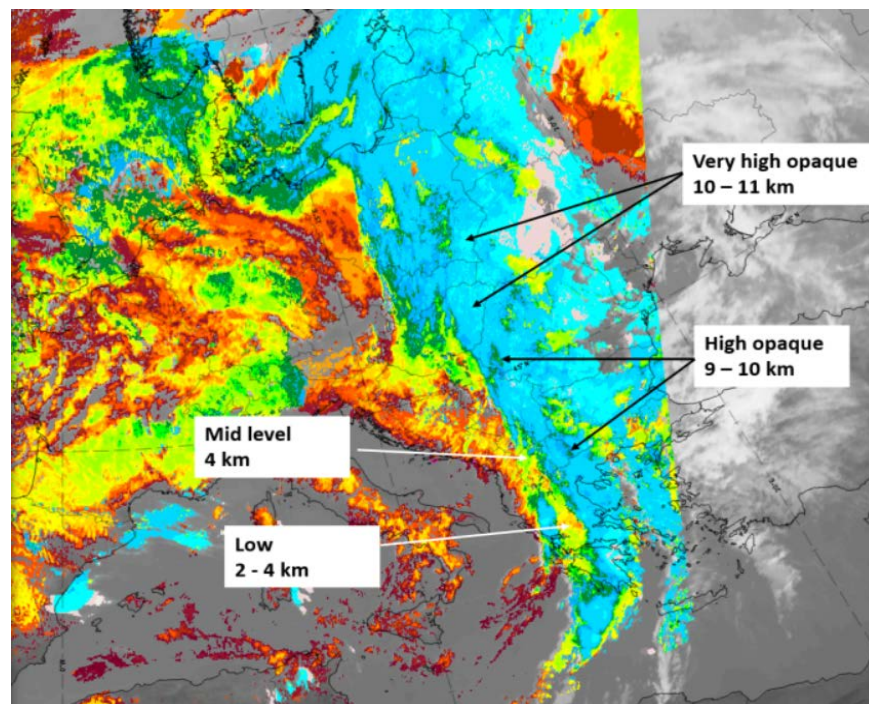
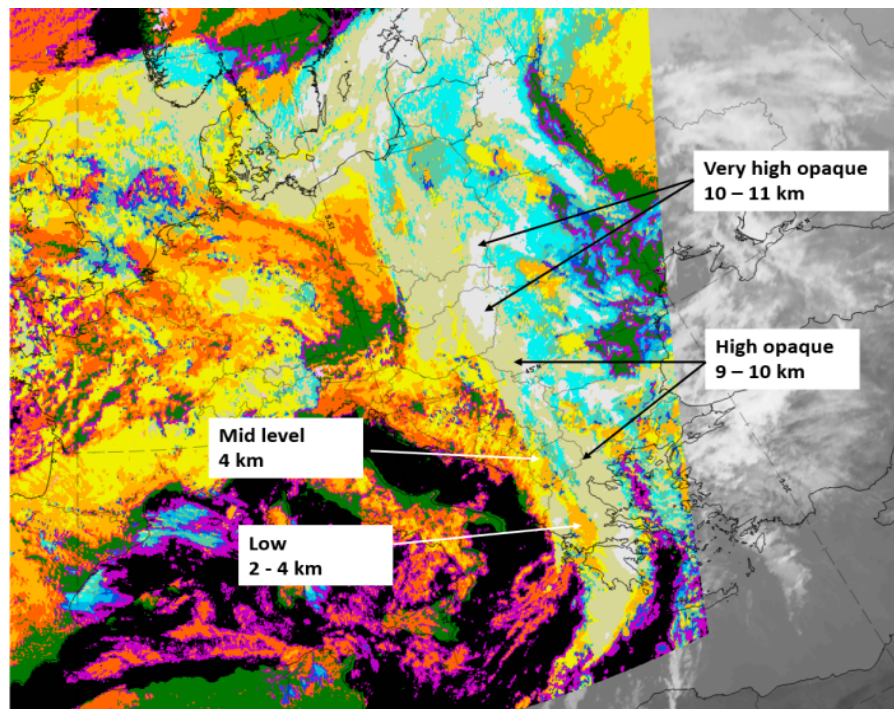
4 листопада 2019, 12 UTC, IR- зображення.



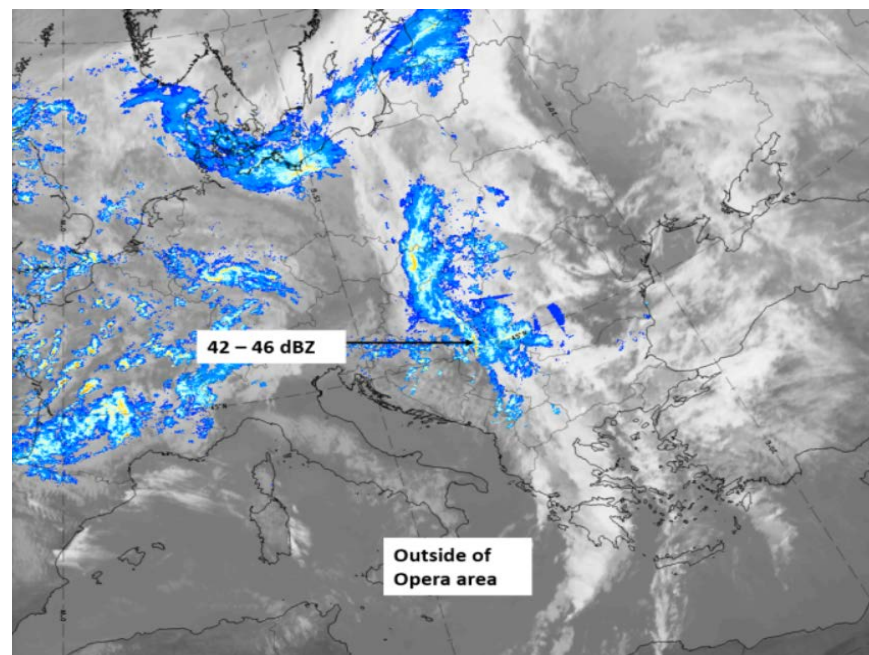
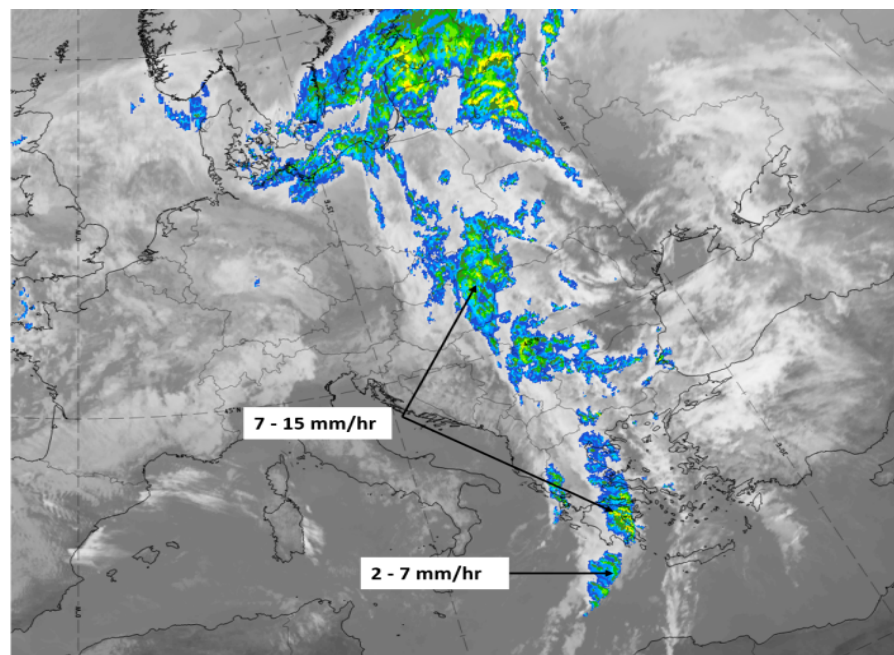
4 листопада 2019 р., 12 UTC: зобр. IR + синоптичні вимірювання (зліва) та зобр. "Ймовірність помірного дощу", NWC SAF продукт (справа).

При даному типі фронту часто спостерігаються зливові дощі. Як показують дані спостережень – зливи відмічаються зазвичай біля переднього краю фронту, тоді як помірні дощі – біля заднього краю фронту. Найвища ймовірність опадів (до 100 %) спостерігається в найпівденнішій частині смуги хмар Ката холодного фронту над північною Грецією, Пелопоннесом і далі в Середземному морі.

4 листопада 2019, 12 UTC, зображення IR superimposed. Зліва – Cloud Type (продукт NWCSAF), справа – Cloud Top Height (продукт СТТН – NWCSAF)



Примітка. Very high opaque – дуже високі непрозорі хмари; mid level – хмари серед. рівня; high opaque – високі непрозорі хмари, low – низькі хмари.



4 листопада 2019, 12 UTC, зображення IR superimposed. Зліва – зобр. Convective Rainfall Rate (продукт CRR NWCSAF), справа – інтенсивність радару від радіолокаційної системи Опера.

Загальна метеорологія та основи

- BENNETTS D. A., GRANT J. R. and MCCALLUM E. (1988): An introductory review of fronts. Part I: Theory and observations; Met. Mag., Vol. 117, p. 357 – 370
- BENNETTS D. A., GRANT J. R. and MCCALLUM E. (1989): An introductory review of fronts, Part II: A case study; Met. Mag., Vol. 118, p. 8 – 12
- BROWNING K. A. and GOLDING B. W. (1994): Mesoscale effects of a dry intrusion within a vigorous cyclone; JCMM – internal report 29
- CARLSON T. N. (1980): Airflow through mid-latitude cyclones and the comma cloud pattern; Mon. Wea. Rev., Vol. 108, p. 1498 – 1509
- CONWAY B. J., GERARD L., LABROUSSE J., LILJAS E., SENESI S., SUNDE J. and ZWATZ-MEISE V. (1996): COST78 Meteorology – Nowcasting, a survey of current knowledge, techniques and practice – Phase 1 report; Office for official publications of the European Communities
- GREEN J. S. A., LUDLAM F. H. and MCILVEEN J. F. R. (1966): Isentropic relative-flow analysis and the parcel theory; Quart. J. R. Meteor. Soc., Vol. 92, p. 210 – 219
- HARROLD T. W. (1973): Mechanisms influencing the distribution of precipitation within baroclinic disturbances; Quart. J. R. Meteor. Soc., Vol. 99, p. 232 – 251
- HERZEGH P. H. and HOBBS P. V. (1981): The mesoscale and microscale structure and organization of clouds and precipitation in mid-latitude cyclones. Part IV: Vertical air motions and microphysical structures of prefrontal surge clouds and cold frontal clouds; J. Atmos. Sci., Vol. 38, p. 1771 – 1784
- HUBER-POCK F. and KRESS CH. (1989): An operational model of objective frontal analysis based on ECMWF products; Met. Atmos. Phys., Vol. 40, p. 170 – 180
- KURZ M. (1990): Synoptische Meteorologie – Leitfäden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst; 2. Auflage, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Загальна супутникова метеорологія

- BADER M. J., FORBES G. S., GRANT J. R., LILLEY R. B. E. and WATERS A. J. (1995): Images in weather forecasting – A practical guide for interpreting satellite and radar imagery; Cambridge University Press
- CARLSON T. N. (1987): Cloud configuration in relation to relative isentropic motion; in: Satellite and radar imagery interpretation, preprints for a workshop on satellite and radar imagery interpretation – Meteorological Office College, Shinfield Park, Reading, Berkshire, England, 20 – 24 July 1987, p. 43 – 61
- ZWATZ-MEISE V. (1987): Satellitenmeteorologie; Springer Verlag, Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo

Спеціалізована супутникова метеорологія

- BROWNING K. A. and HARROLD T. N. (1970): Air motion and precipitation growth at a cold front; Quart. J. R. Meteor. Soc., Vol. 96, p. 369 – 389
- BROWNING K. A. and PARDOE C. W. (1973): Structure of low-level jet streams ahead of mid-latitude cold fronts; Quart. J. R. Meteor. Soc., Vol. 99, p. 619 – 638
- BROWNING K. A. and MONK G. A. (1982): A simple model for the synoptic Analysis of cold fronts; Quart. J. R. Meteor. Soc., Vol. 108, p. 435 – 452
- BROWNING K. A. (1985): Conceptual models of precipitation systems; Quart. J. R. Meteor. Soc., Vol. 114, p. 293 – 319
- BROWNING K. A. (1986): Conceptual models of precipitation systems; Weather&Forecasting, Vol. 1, p. 23 – 41
- BROWNING K. A. and REYNOLDS R. (1993): Diagnostic study of a narrow cold frontal rainband and severe winds associated with a stratospheric intrusion; JCMM – internal report 7
- BROWNING K. A. (1994): On the nature of convective circulations at a kata-cold front; JCMM – internal report 35
- HOBBS P. V. and HOUZE R. A. JR. (1980): The mesoscale and microscale structure and organization of clouds and precipitation in mid-latitude cyclones. Part I: A case study of a cold front; J. Atmos. Sci., Vol. 37, p. 568 – 596