

Використання вітрового скаттерометра та альтиметра оцінки хвиль у морському прогнозуванні

Створено The COMET® Program

Вступ

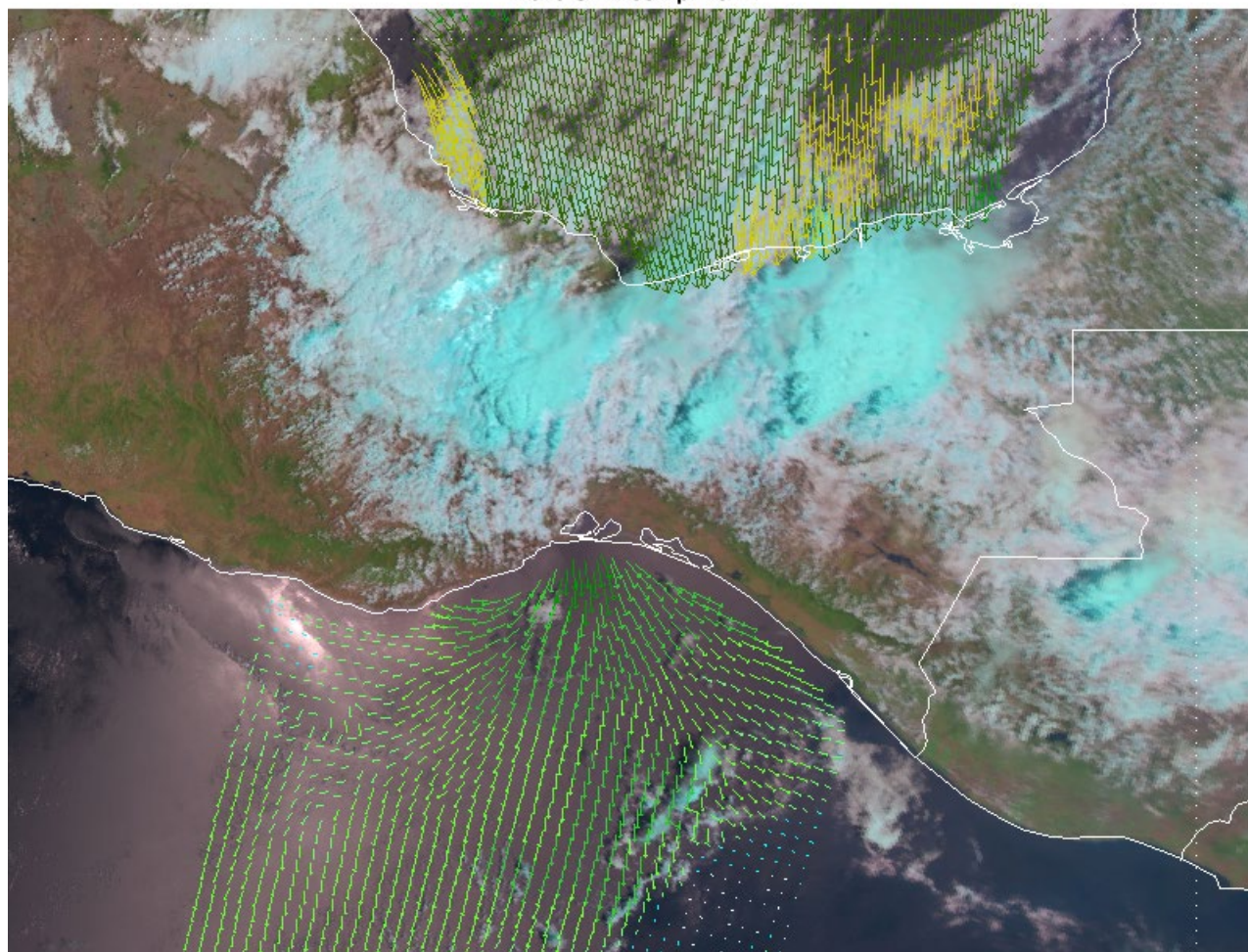
Скаттерометри та альтиметри (висотоміри) забезпечують спостереження, корисні для морського аналізу та прогнозування. Серед морських параметрів, що вимірюються, є оцінка вітру за допомогою скаттерометра та значення висоти хвилі за альтиметром. Ми познайомимося з інструментами в цьому розділі та розглянемо кілька прикладів продуктів.

Скаттерометр Вітру

Найпростіше кажучи, космічні скаттерометри — це мікрохвильові радари, які забезпечують оцінку векторів вітру на висоті 10 метрів над поверхнею води. Ці дані можна використовувати для визначення місцезнаходження центрів циркуляції, зон сильних вітрів і розривів, а також побачити структури в полі вітру.

Кольорові вектори вітру скаттерометра, нанесені на зображення Metop Natural Color RGB. Вітер Шторму Теуано "перетікає" через розрив у горах, причому набагато сильніші вітри (зображені жовтим кольором) відмічаються з противітряної, північної сторони розриву. Дані скаттерометра дозволяють нам безпосередньо спостерігати це та інші прибережні метеорологічні явища.

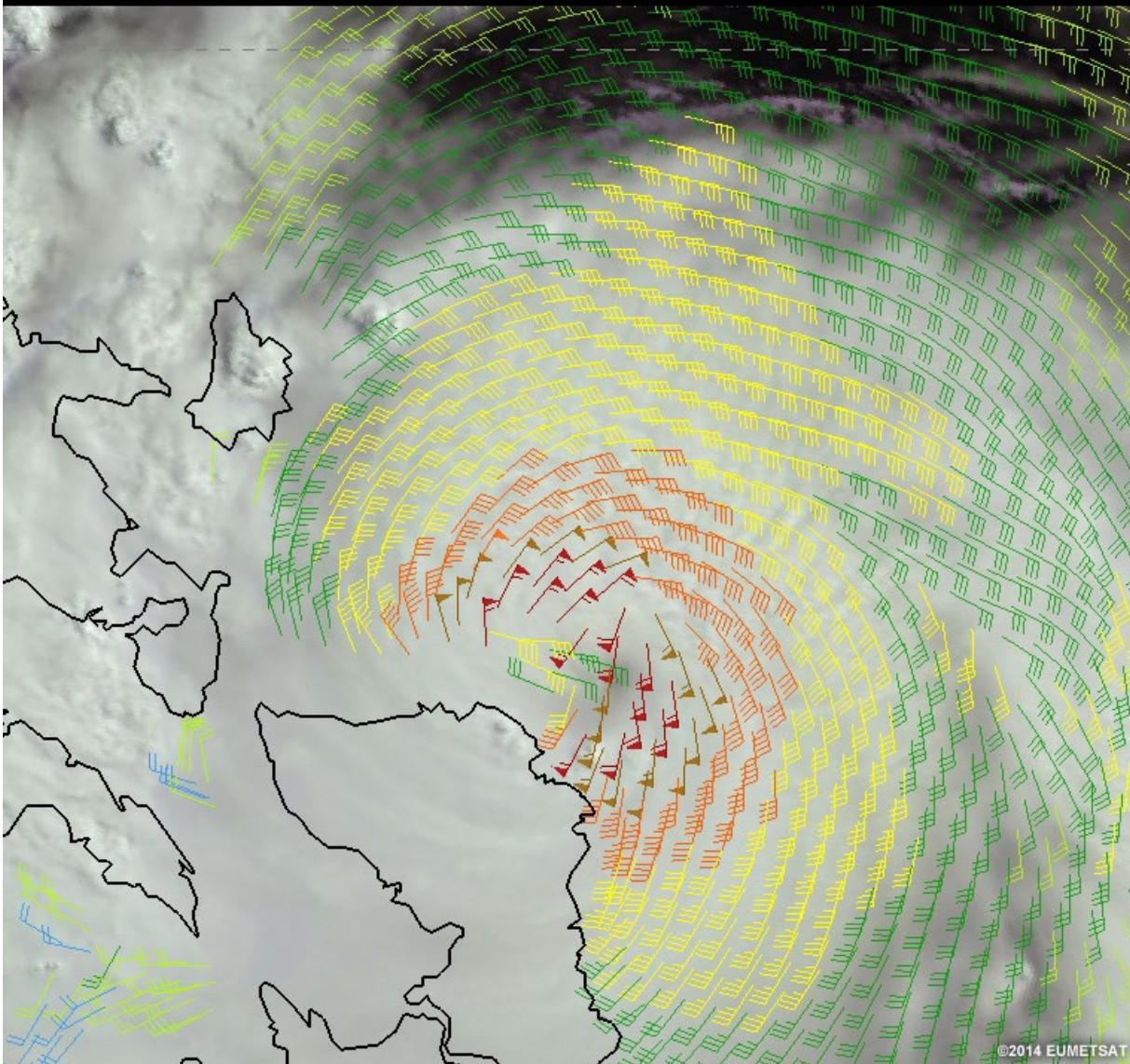
**ASCAT Winds on Metop-A RGB Image Showing Mountain-Gap Winds (Tehuano Wind) in Southern Mexico
1613 UTC 08 Apr 2014**



© 2014 EUMETSAT

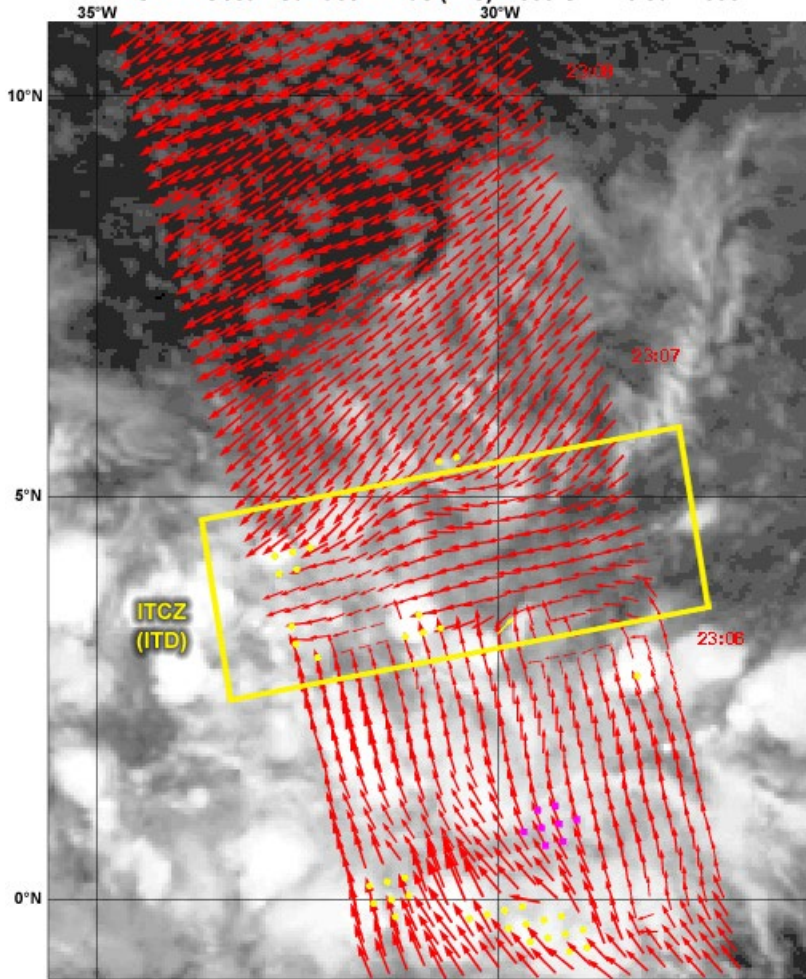
Метеорологічні центри часто використовують дані скаттерометра для визначення зон штормового вітру, щоб можна було визначити зони попередження. Цей приклад зображує тайфун Раммасун безпосередньо перед виходом на Філіппінські острови. Вітри відображаються як кольорові смуги вітру на зображенні AVHRR Natural Color RGB. Подібне накладання даних скаттерометра на супутникові зображення або поля NWP дуже поширене. У даному продукті ми бачимо циркуляцію центру шторму та розподіл сильних вітрів навколо шторму.

ASCAT Ocean Winds Over Metop-A Natural Color RGB for Typhoon Rammasun
Making Landfall in the Philippines 0100 UTC 15 Jul 2014



У цьому прикладі використовуються дані вітру скатерометра для позиціонування міжтропічної зони розривності , широко відомої як зона міжтропічної конвергенції.

ASCAT Ocean Surface Winds (m/s) 2330 UTC 19 Jun 2008



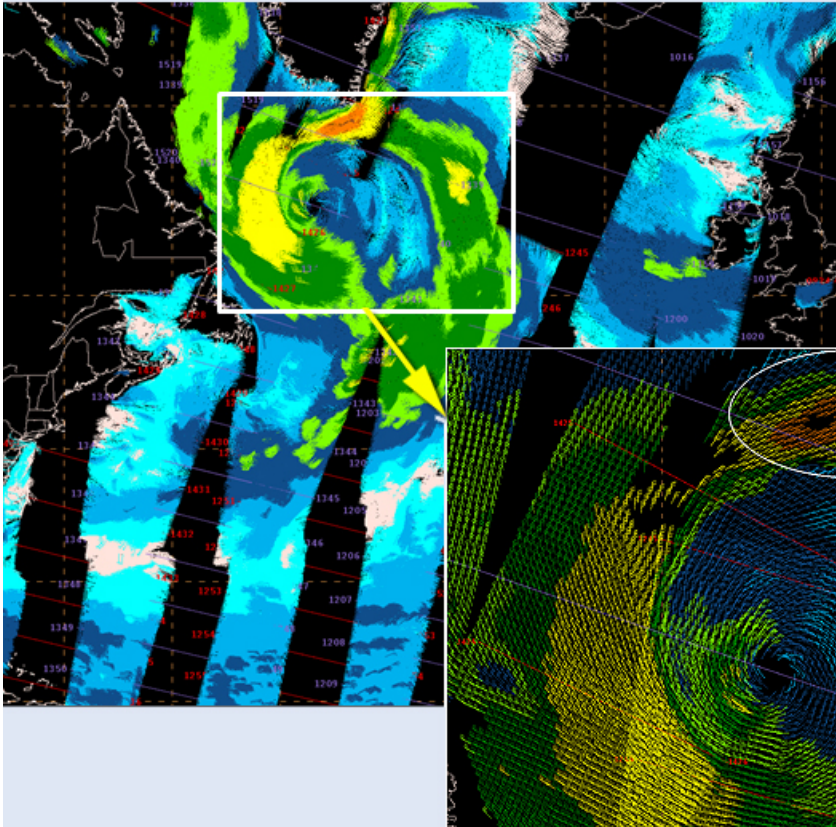
©2014 EUMETSAT OSI SAF, www.knmi.nl/scatterometer, helpdesk_scat@knmi.nl

Подібний аналіз можна зробити, щоб допомогти визначити розташування фронтів та інших структур з вираженою поверхнею. Дані скаттерометра в поєднанні з іншою супутниковою інформацією дозволяють побачити атмосферу на поверхні та на більш високих рівнях. Таке об'єднання даних допомагає синоптикам діагностувати особливості атмосферу та її динаміку в трьох вимірах.

Дані альтиметра та висота хвиль

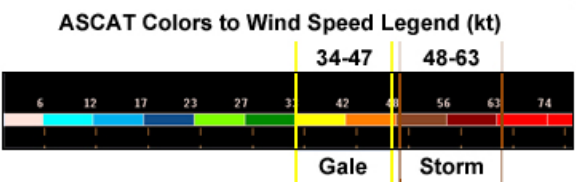
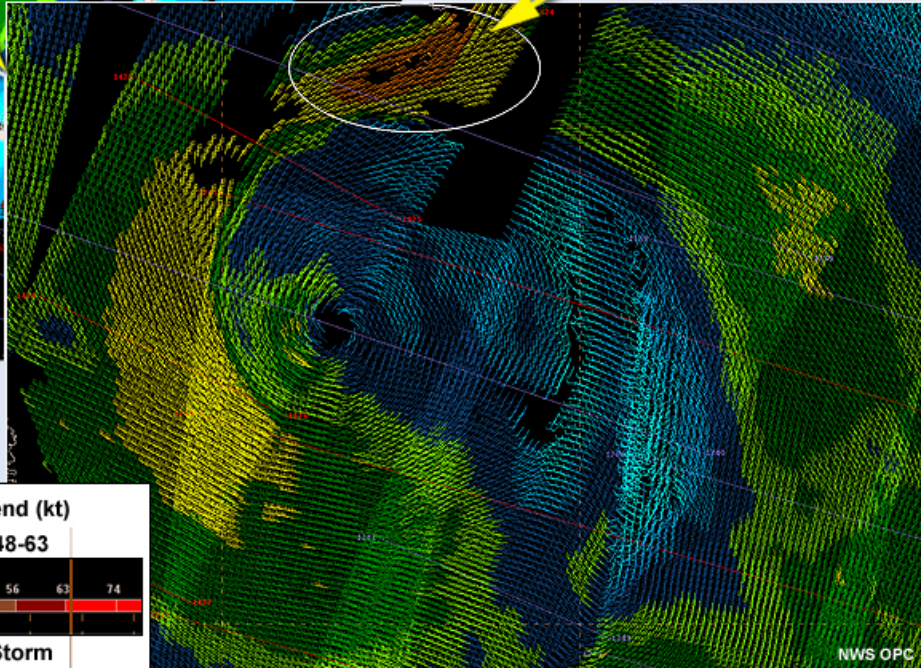
Цей приклад тропічного циклону від Центру прогнозування океану Національної метеорологічної служби США (U.S. National Weather Service Ocean Prediction Center).

ASCAT Extratropical Cyclone and Storm Force Ocean Winds Over North Atlantic 12 May 2014



ASCAT wind vector retrievals confirm storm force winds just south of Greenland, in the channeling flow between the occluded front and the coast. Significant wave heights in the storm force winds are 22 feet (7 meters).

Area of storm force winds



В зонах, де відмічаються шторми та сильні океанські вітри, можна спостерігати потенційно небезпечне бурхливе море та високі хвилі.

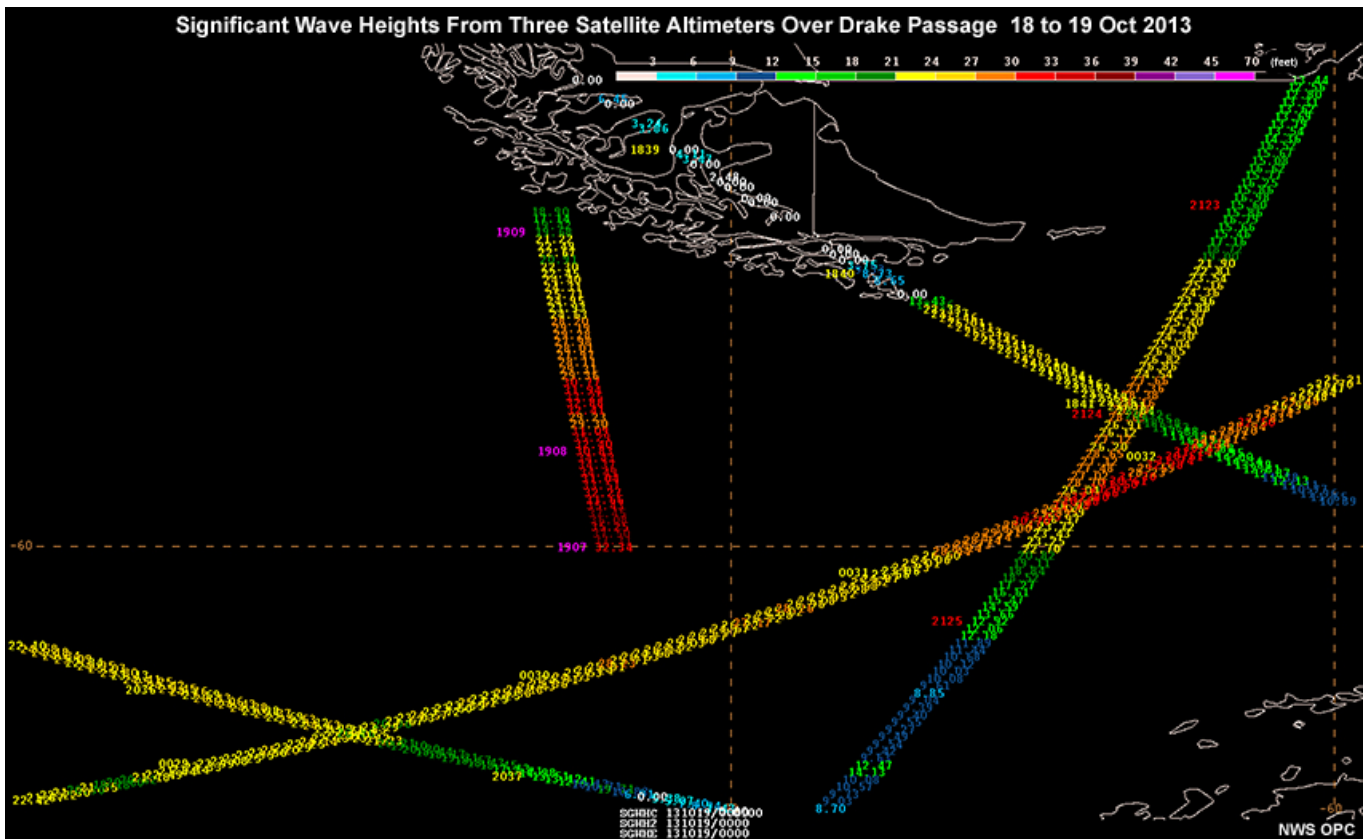
NWS OPC



Також існує дещо інший клас космічних датчиків, які допомагають контролювати стан моря. Альтиметри (висотоміри), які літають на борту супутників на низькій навколореземній орбіті, є дуже корисним джерелом значних даних про висоту хвиль. Наведені нижче приклади показують дані альтиметра (висотоміра), які використовуються.

Води Південної Америки

Цей приклад показує значну висоту хвилі (у футах) на крайньому півдні материка Південна Америка за 18 жовтня 2013 року, виміряну трьома висотомірами, що пройшли над регіоном протягом шестигодинного періоду. Точки даних, забарвлені від червоного до рожевого, означають висоту моря 30+ футів (~9 м+).

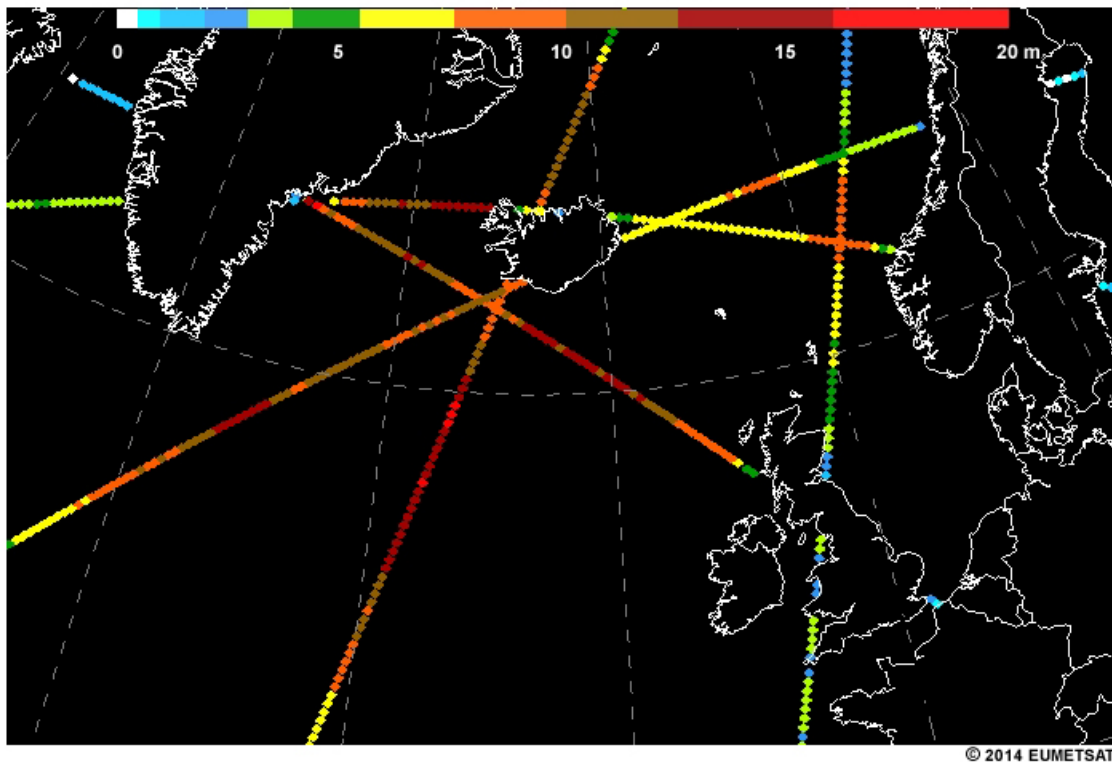


Графік ілюструє одну з відмінностей між наборами даних скаттерометра та альтиметра (висотоміра). Висотоміри проводять вимірювання безпосередньо під супутником, тоді як скаттерометри охоплюють поверхню на смузі завдовжки сотні кілометрів.

Європейські води

Цей приклад відмічався над європейськими північно-західними морями 9 грудня 2014 року. Точки даних, відтінені від коричневого до червоного в цій колірній шкалі, вказують на стан моря з висотою хвиль 10 метрів (33 фути) або вище.

**SARAL AltiKa and Jason-2 Altimeter Significant Wave Heights Over North Atlantic
15 to 21 UTC 09 Dec 2014**

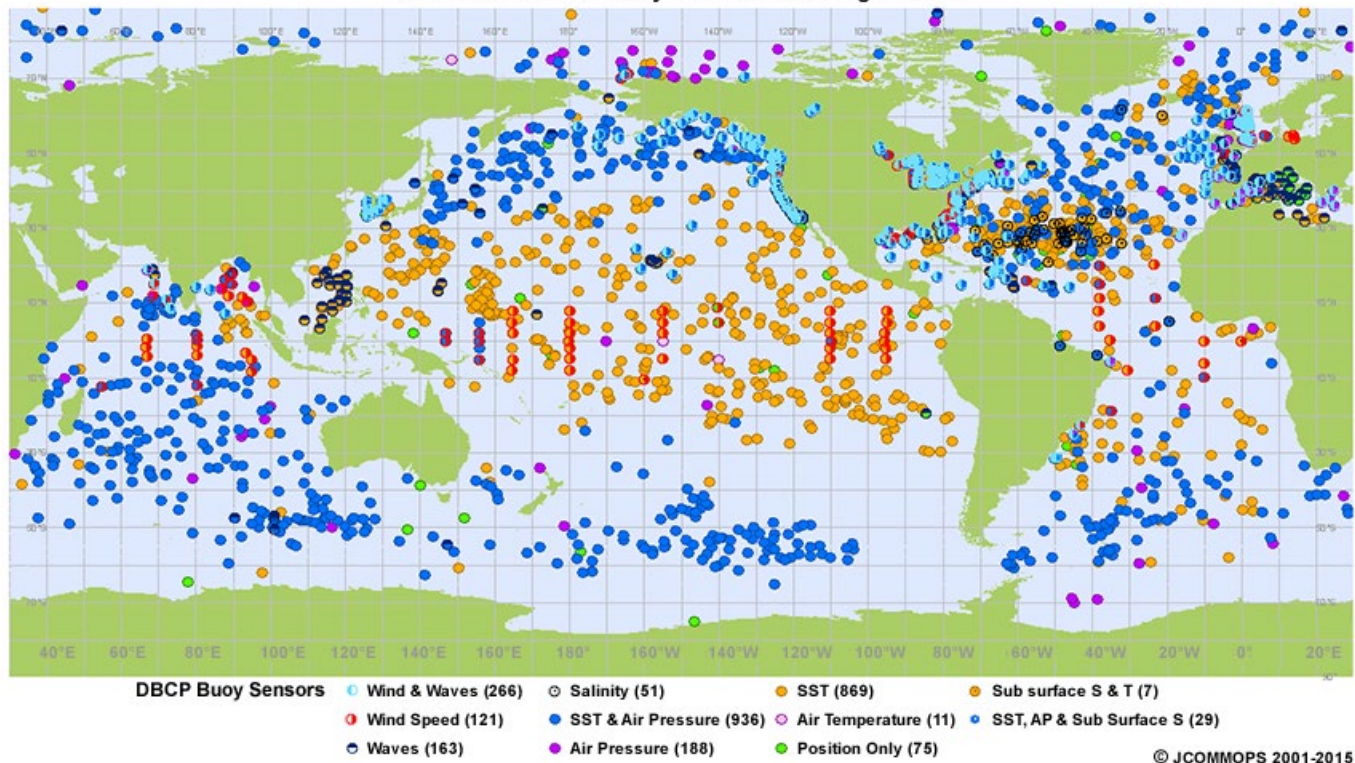


Дані альтиметра (висотоміра) щодо висоти хвиль є дуже корисними для аналізу та діагностики морського середовища.

Морські спостереження

Кількість спостережень за морською поверхнею в Світовому океані невелика. Буї та кораблі надають часті дані в окремих точках і є важливими контрольними точками для діагностики прогнозів і попереджень у реальному часі. Але ці спостереження обмежуються тим, де розташовані буї та кораблі. На графіку нижче показано ступінь охоплення даними про морську поверхню. Як бачите, є багато областей, які майже не охоплені. А зона спостереження з кораблів стає більш обмеженою, коли кораблі віддаляються від штормів. Скаттерометри та альтиметри (висотоміри) є важливими джерелами даних про морський вітер та висоту хвиль майже в реальному часі. У цьому посібнику ми зосереджуємося на вітрах на 10-метровій висоті над поверхнею океану за даними скаттерометрів і значній висоті хвиль за даними висотомірів.

Global Ocean Data Buoy Sensors Valid August 2014





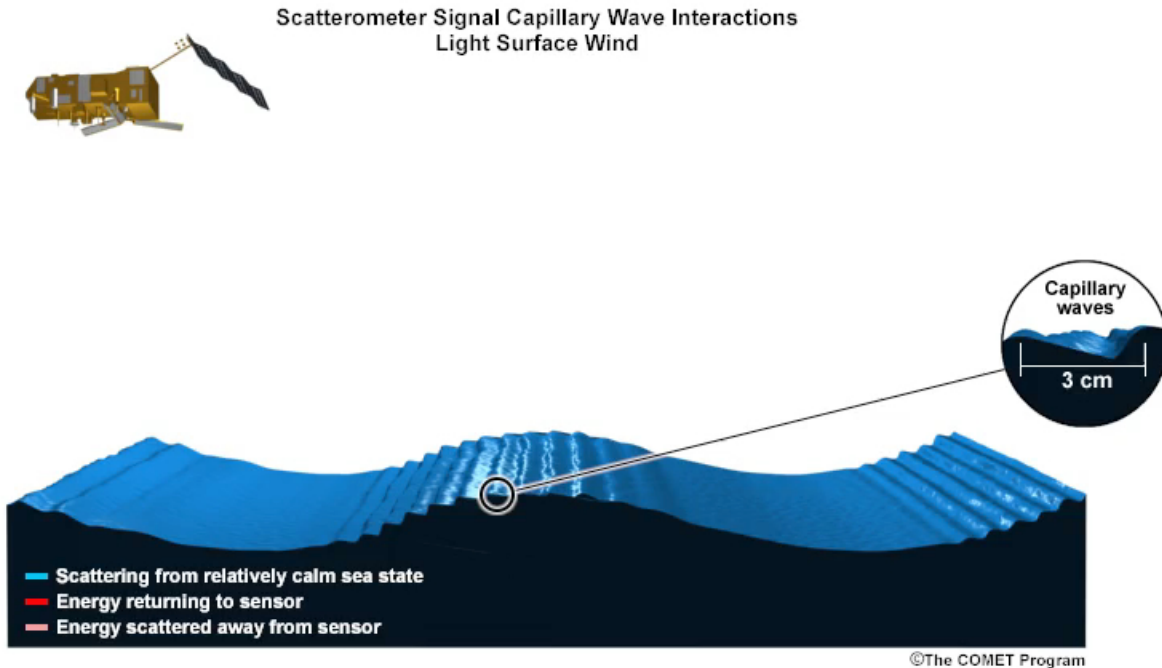
Огляд скаттерометрів і альтиметрів (висотомірів)

Скаттерометри та висотоміри є супутниковими мікрохвильовими радарми. Вони випромінюють мікрохвильову енергію на поверхню землі та вимірюють сигнал, що повертається. Повернені сигнали обробляються для отримання геофізичних параметрів, таких як інформація про вітри та хвилі.

Як правило, скаттерометри та висотоміри мають довжину хвилі 0,84 см (Ka-band), 2 см (Ku-band) або 5 см (C-band).

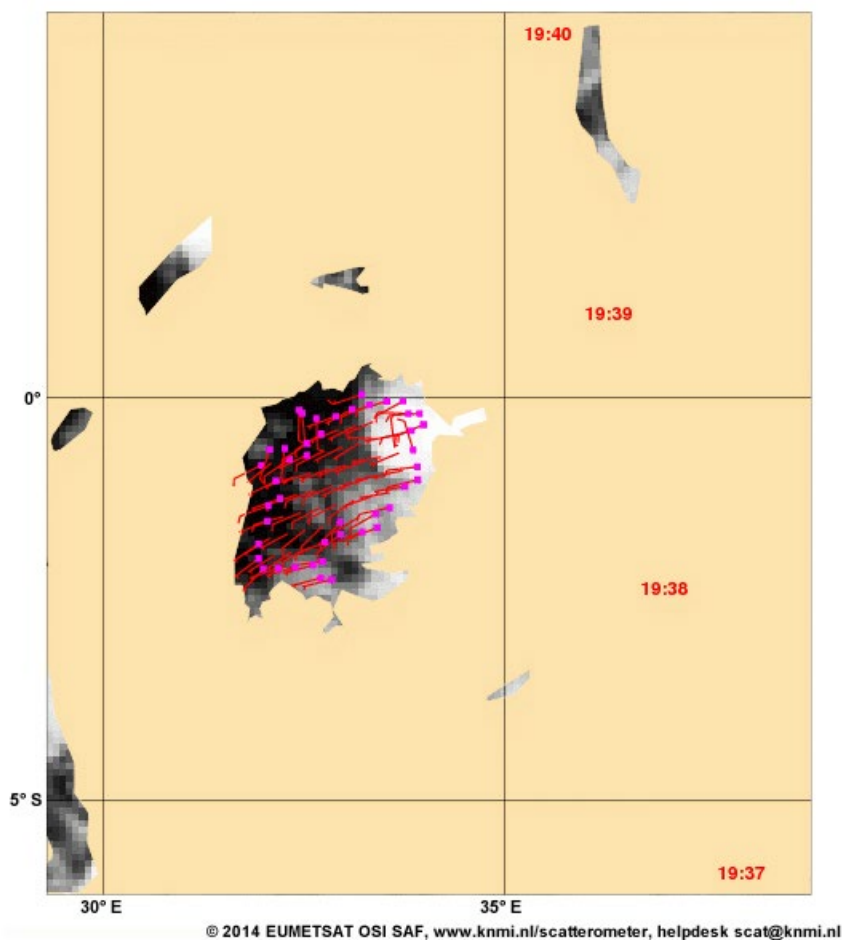
Перейдіть за посиланням, щоб переглянути відео

https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/marine_forecasting/media/video/s3_scatt_bksctr_capillary_waves_ltwind.mp4



Інформація доступна як для Світового Океану, так і для великих озер. Цей приклад показує скаттерометр вітру над озером Вікторія в Східній Африці. Найближчі до узбережжя прапорці, позначені маленькими крапками, щоб вказати на можливість "забруднення" сигналу, що повертається з суші (див. зображення нижче).

Metop ASCAT Surface Winds Over Lake Victoria, Africa
1930 UTC 25 Mar 2015



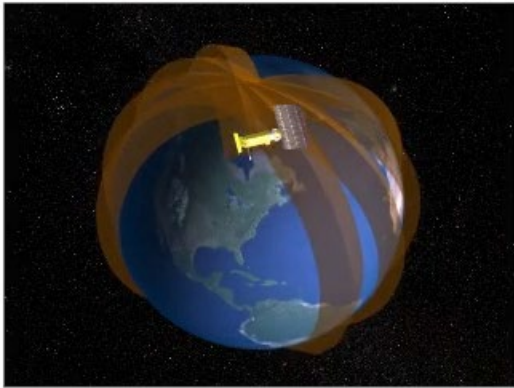
Супутники, орбіти та інструменти

Скаттерометри та альтиметри (висотоміри) літають на супутниках на низькій навколоземній орбіті (LEO), часто в поєднанні з іншими приладами. Покриття даних залежить від орбіти супутника та ширини валка інструменту. Наприклад, супутники на полярній орбіті охоплюють всю земну кулю, але переглядають будь-яке місце обмежену кількість разів на день. Скаттерометри і висотоміри проводять вимірювання на більш вузьких смугах, що може призвести до розривів між орбітами. На вищих широтах послідовні орбіти розташовуються ближче одна до одної, що може призвести до перекриття та збільшити кількість спостережень у будь-якому місці. Скаттерометри зазвичай літають на полярно-орбітальних супутниках, які забезпечують добре покриття над полюсами (кілька разів на день) і охоплюють більшу частину решти Землі двічі на день (кожного дня).

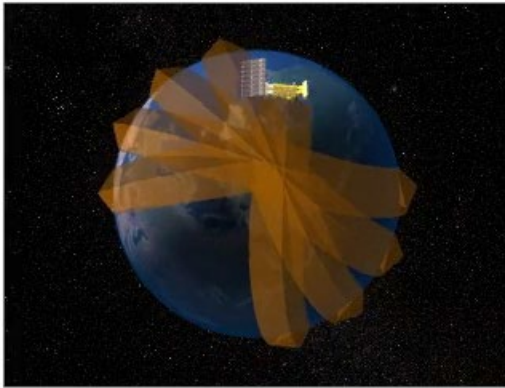
Перейдіть за посиланням, щоб переглянути відео :

https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/marine_forecasting/media/video/leo_24hr_ani.mp4

POES AM 24-Hour Coverage



POES AM 24-Hour Coverage North Pole View



Equator Crossings
0930 Local Time (Descending)
2130 Local Time (Ascending)

©The COMET Program

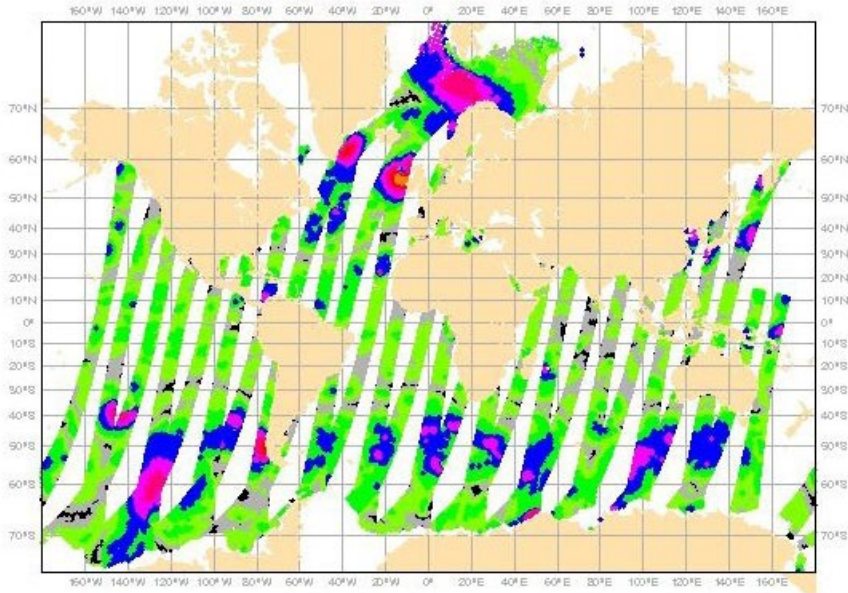
Альтиметри (висотоміри) літають на борту супутників на полярній орбіті, а також інших супутників на неполярній орбіті LEO. Останні не покривають полюси, але зазвичай забезпечують більш часте покриття над тропіками та середніми широтами залежно від нахилу орбіт і висоти.



Скаттерометри

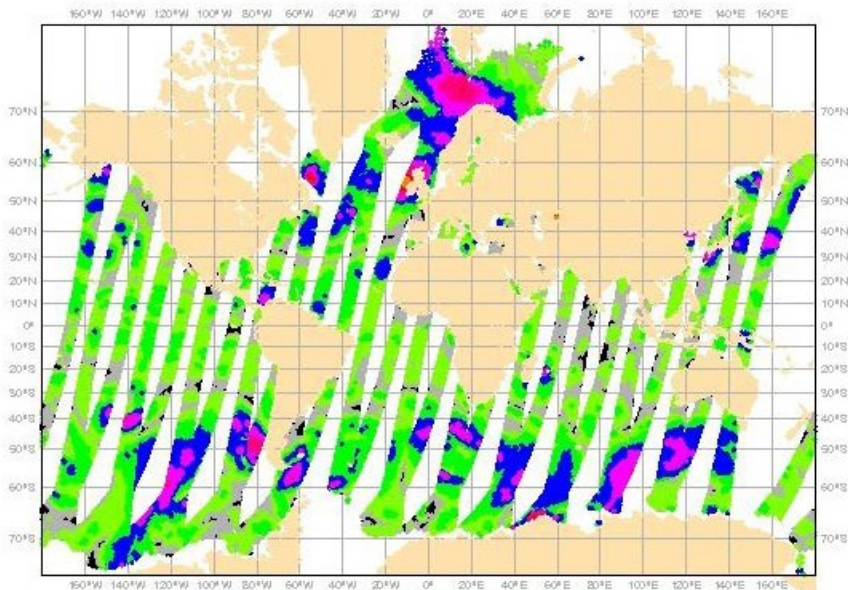
Сучасне покоління скаттерометрів (станом на 2015 рік) надає оцінки векторів вітру над світовим океаном і великими озерами в сітці з роздільною здатністю від 12,5 км до 50 км. На графіку нижче показано 22-годинне покриття з низхідних орбіт скаттерометра ASCAT на полярних орбітальних апаратах Метор-А та Метор-В, а кольори представляють швидкість вітру.

Metop-A ASCAT Ocean Surface Winds (Mid-morning Local Time) 09 Mar 2015



©2015 EUMETSAT OSI SAF, www.knmi.nl/scatterometer, helpdesk scat@knmi.nl

Metop-B ASCAT Ocean Surface Winds (Mid-morning Local Time) 09 Mar 2015



©2015 EUMETSAT OSI SAF, www.knmi.nl/scatterometer, helpdesk scat@knmi.nl

На цих композиціях з кількома орбітами легко побачити великі шторми, такі як ті, що над Північною Атлантикою та океанами в Південній півкулі. Діаграми ASCAT виглядають так, ніби вони включають кілька проходів вузьких смуг. Але насправді безпосередньо під супутником є щільна, яку ми пояснимо пізніше.

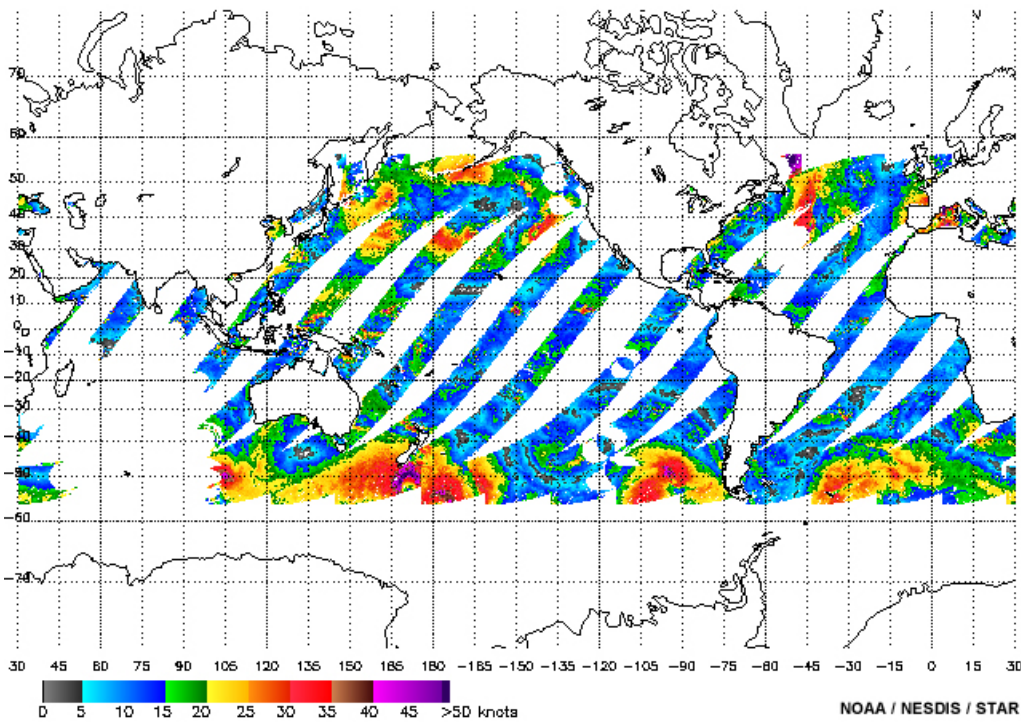
RapidScat літає на Міжнародній космічній станції (МКС) і приєднався до групи скаттерометрів Metop-A і -B ASCAT у вересні 2014 року. Завдяки меншому нахилу орбіти RapidScat надає дані про вітер між приблизно 55 градусами північної та південної широти.

RapidScat Scatterometer on the International Space Station

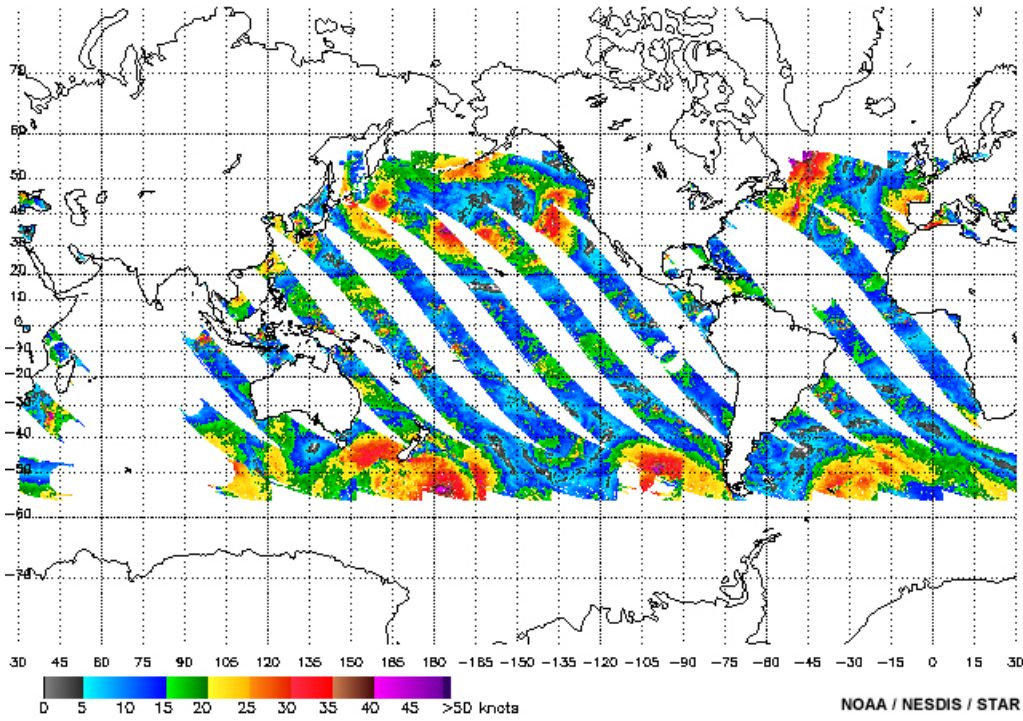


З двох наведених нижче 22-годинних графіків ми бачимо, що більш часте покриття відбувається там, де орбіти найбільше перекриваються. Це над регіонами середніх широт, де RapidScat наближається до свого найвіддаленішого покриття в напрямку полюса.

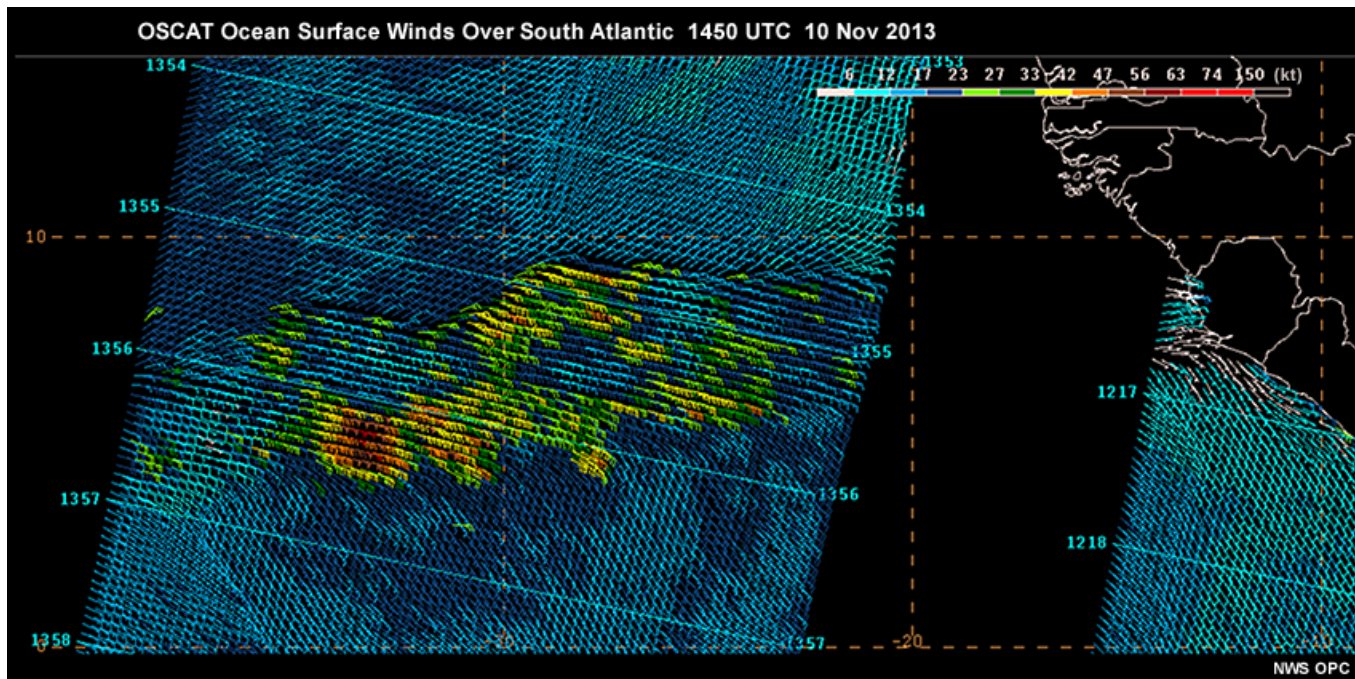
ISS RapidScat Scatterometer Daily Coverage: Ascending Orbits 05 Feb 2015



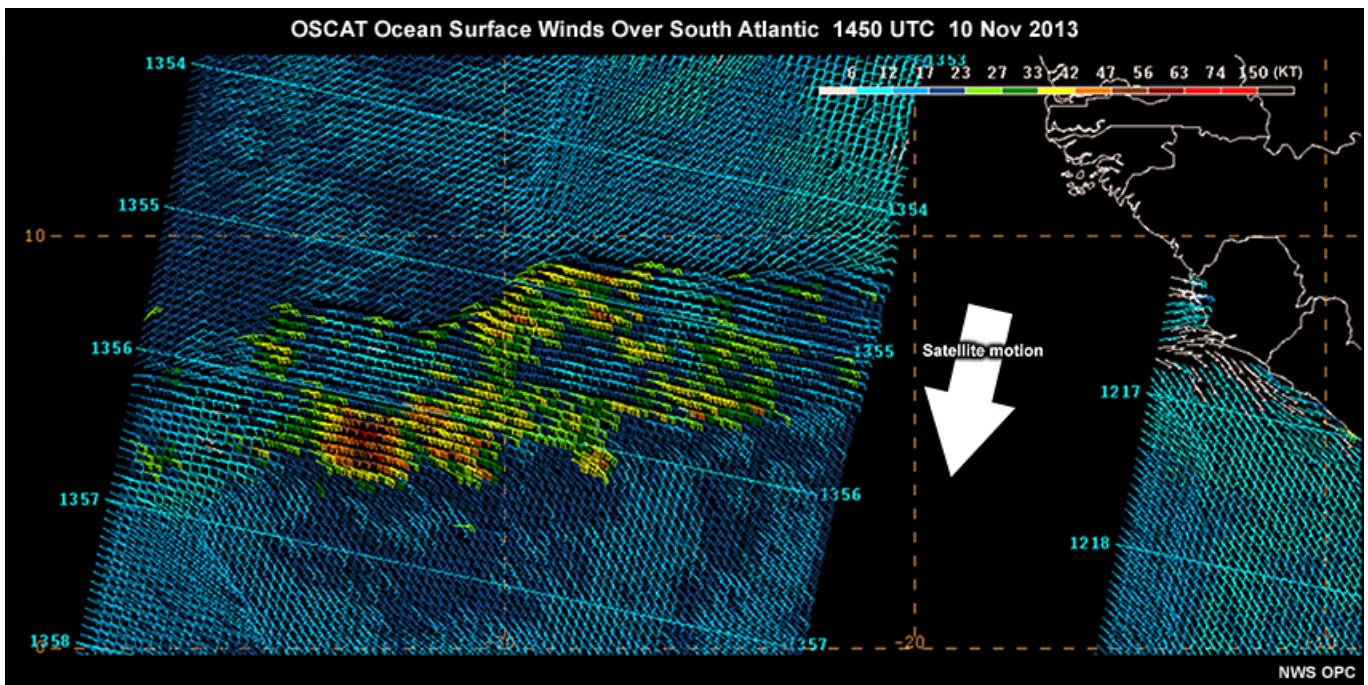
ISS RapidScat Scatterometer Daily Coverage: Descending Orbits 05 Feb 2015



Як бачимо, інформація про вітер для всіх скаттерометрів доступна лише над океанами та дуже великими озерами. Наземні шляхи для більшості супутників рухаються зі сходу на захід протягом дня. Цей приклад із полярного орбітального апарату OceanSat-2 показує частини двох послідовних орбіт біля узбережжя Західної Африки. Час вимірювання показано вздовж кількох майже горизонтальних ліній блакитного кольору, проведених через кожну смугу сканування.



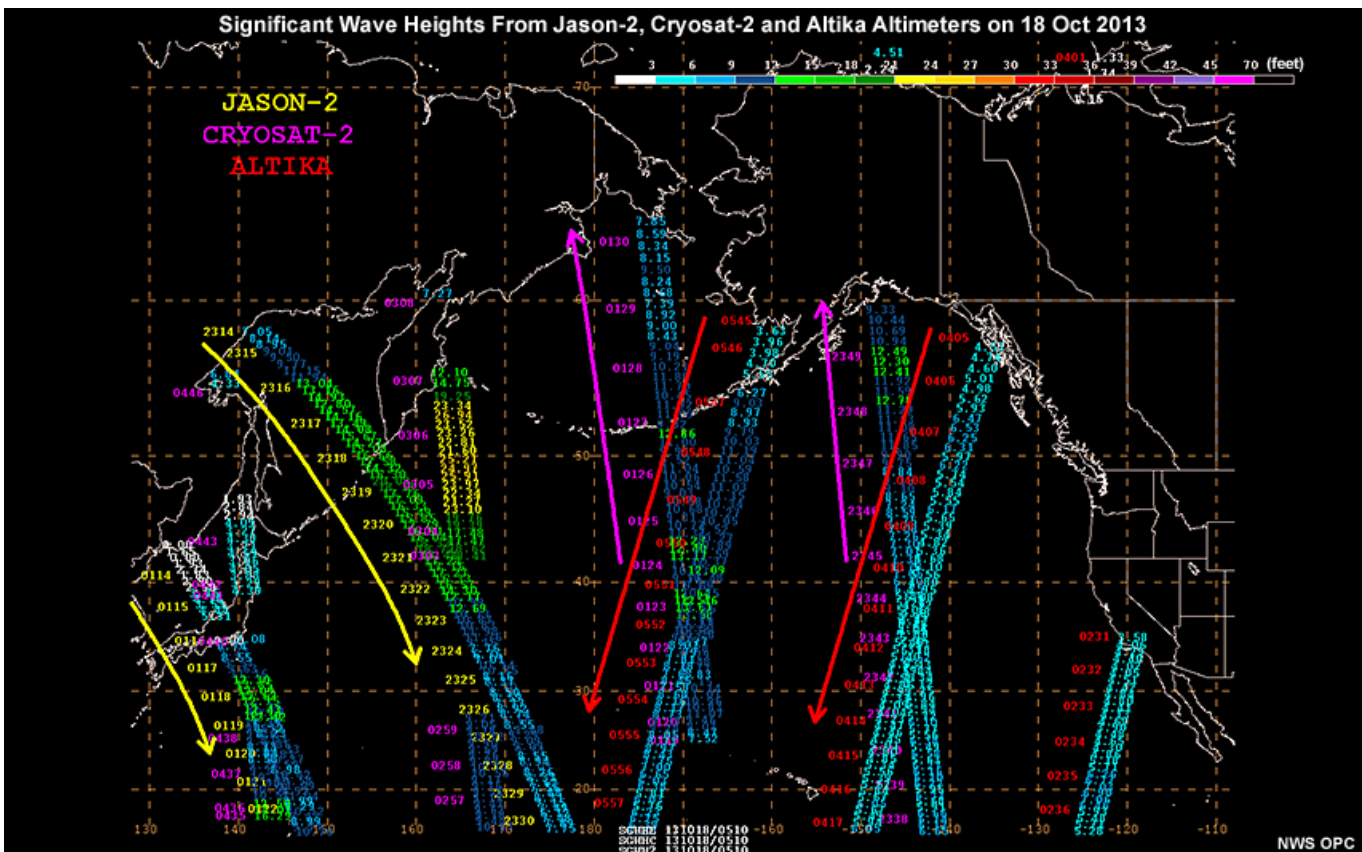
Зауважте, що час для західної смуги запізнюється, в порівнянні зі східною, приблизно на 102 хвилини. Це час, який потрібен полярному супутнику, щоб зробити одне повне коло навколо Землі. Крім того, орієнтація смуг даних і блакитні лінії вказують нам, у якому напрямку (на північ чи південь) рухається супутник. Оскільки час збільшується на південь (зверху вниз), ми можемо сказати, що супутник рухається з півночі на південь. А оскільки Земля обертається із заходу на схід під супутником, супутники на полярній орбіті бачать область, яка з часом зміщується на захід. Це пояснює орієнтацію двох смуг даних з півдня-південного заходу на північ-північний схід.



Альтиметри (висотоміри)

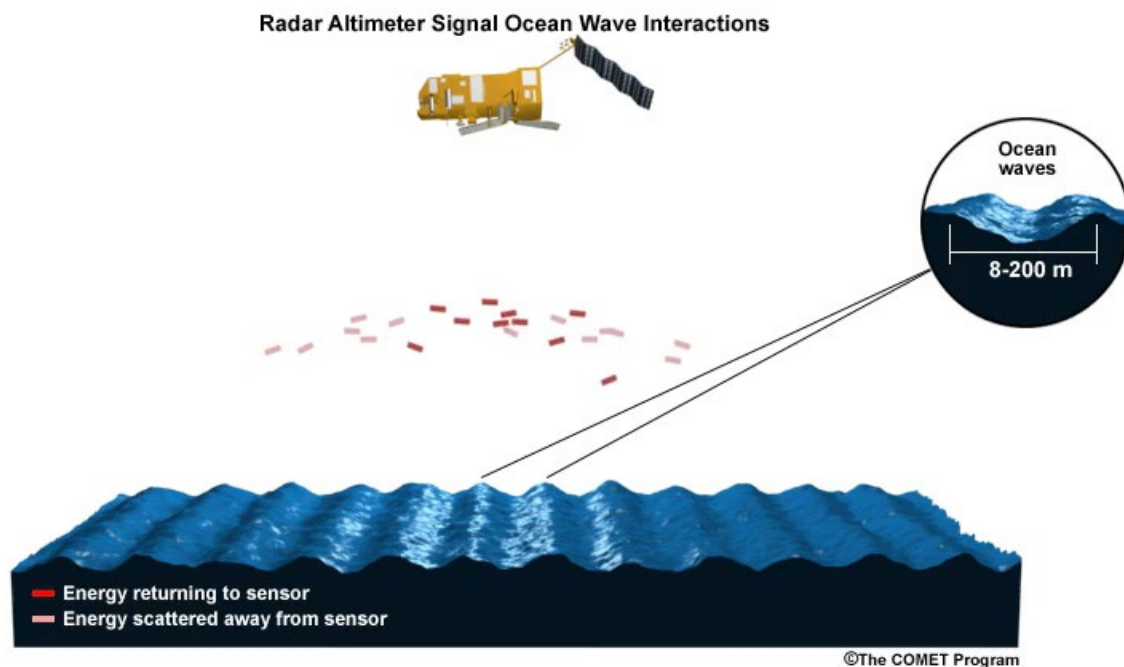
Висотоміри майже в реальному часі оцінюють швидкість вітру, висоту поверхні моря (та аномалію висоти поверхні моря) і значну висоту хвиль. У цьому посібнику ми зосередимося на даних про значну висоту хвиль, що особливо корисно для моніторингу стану морської поверхні. Значна висота хвилі зазвичай визначається як середня висота хвилі від западини до гребня найвищої третини хвиль.

Приклад показує значну висоту хвиль від трьох альтиметрів над північною частиною Тихого океану. Стрілки показують напрямок руху супутників, а час вимірювання орбіти – поруч із треками. Форма треку залежить від орбіти супутника. Дані позначено кольором відповідно до значної висоти хвилі у футах. У цьому зображенні, найбільші хвилі мають висоту близько 20-футів і зображені жовтим кольором.



Значна висота хвилі

Висотоміри — це мікрохвильові радари, орієнтовані безпосередньо на поверхню води. Зона відбиття знаходиться безпосередньо під супутником і має діаметр близько 10 км. Висотоміри передають мікрохвильові імпульси або короткі спалахи енергії. Потім висотомір зчитує зворотний імпульс або відлуння, яке є результатом відбиття вихідного імпульсу від поверхні води.



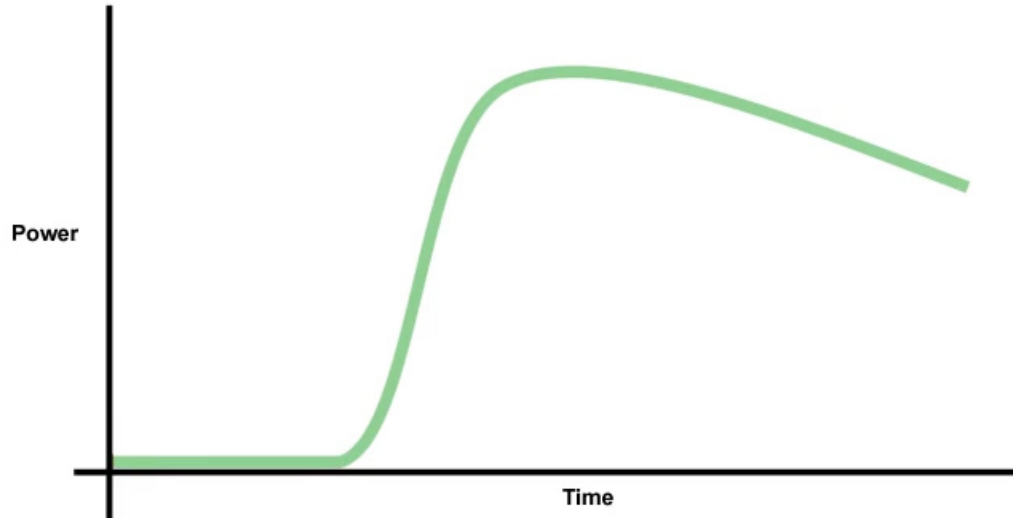
Коли висотомір зчитує зворотний імпульс, він вимірює час, необхідний для повернення сигналу, і форму зворотного імпульсу з часом. Форма імпульсу (також відома як форма хвилі) говорить нам, скільки енергії було відбито в різний час після початкового контакту сигналу з водою.

Як показано на анімації нижче, на нахил переднього краю та загальну форму зворотного імпульсу впливає висота хвилі. Час прибуття пов'язаний з висотою поверхні моря та загальною потужністю зворотного імпульсу зі швидкістю вітру. У цьому посібнику ми зосередимося на використанні інформації про нахил для оцінки висоти хвилі.

Перейдіть за посиланням, щоб переглянути відео :

https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/marine_forecasting/media/video/s2_alt_bksctr_ocean_waves_ani.mp4

Radar Altimeter: Backscattered Energy Power Curve

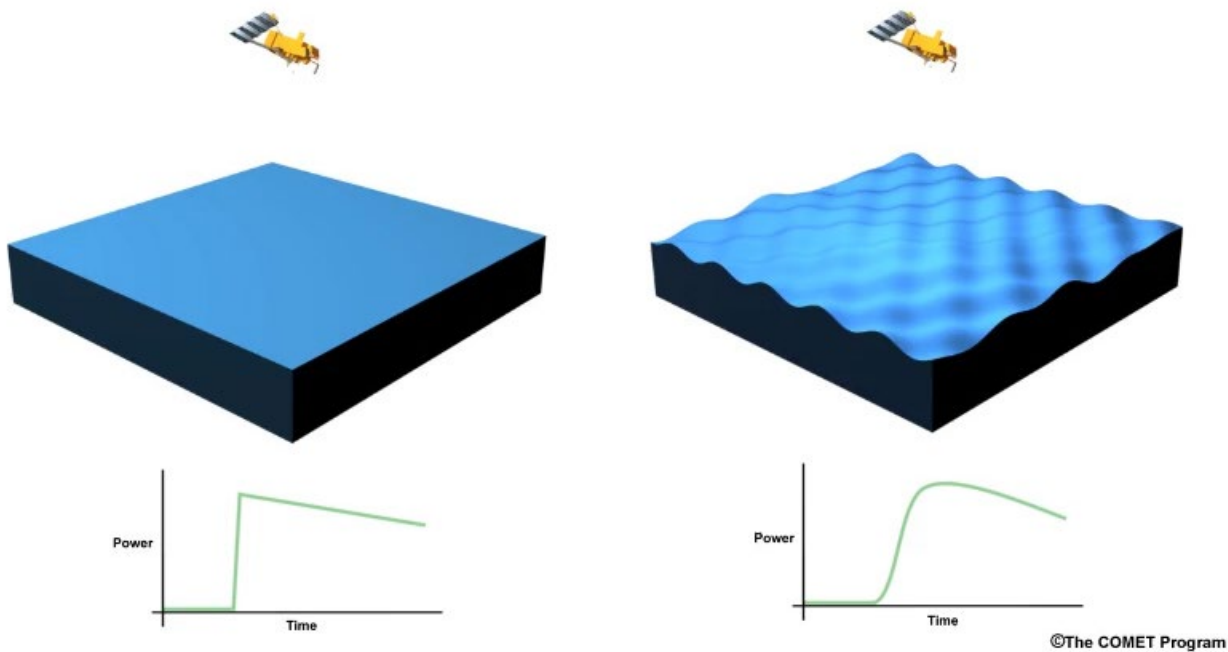


©The COMET Program

Перейдіть за посиланням, щоб переглянути відео :

https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/marine_forecasting/media/video/s3_alt_power_curve_ani.mp4

Radar Altimeter Signal Backscatter for Estimating Wave Height



©The COMET Program

Перейдіть за посиланням, щоб переглянути відео :

https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/marine_forecasting/media/video/s3_radar_bksctr_ocean_sfc.mp4

Конус, що тягнеться вниз від супутника, показує горизонтальну протяжність променя радара, коли він досягає поверхні води. Помаранчеві візерунки на воді вказують на енергію, яка з часом відбивається назад до супутника, коли промінь поширюється вздовж поверхні.

Для плоскої поверхні (ліва сторона) більша частина сигналу відбивається назад до супутника одночасно. Але коли є хвилі (права сторона), енергія спочатку відбивається гребенями одного набору хвиль, потім гребенями інших хвиль, а потім западинами між хвилями з плином часу. Це спричиняє поступове збільшення зворотного сигналу порівняно з рівною поверхнею.

Фронт хвилі від висотоміра поширюється на площу водної поверхні приблизно від 10 до 20 квадратних кілометрів. Ілюстрації демонструють, як ступінь хвилястості поверхні в цій області спричиняє різницю інтенсивності зворотного сигналу з часом між двома сценаріями.

Зверніть увагу на нахил інтенсивності зворотного імпульсу вздовж нижньої частини анімації. Для плоскої поверхні нахил майже вертикальний, що означає, що пік інтенсивності зворотного сигналу отримується дуже скоро після його початкового виявлення. Зі збільшенням висоти хвилі збільшується затримка в надходженні піку інтенсивності сигналу, і схил стає менш крутим. Це співвідношення дозволяє нам обчислити значну висоту хвилі на основі нахилу інтенсивності зворотного сигналу.

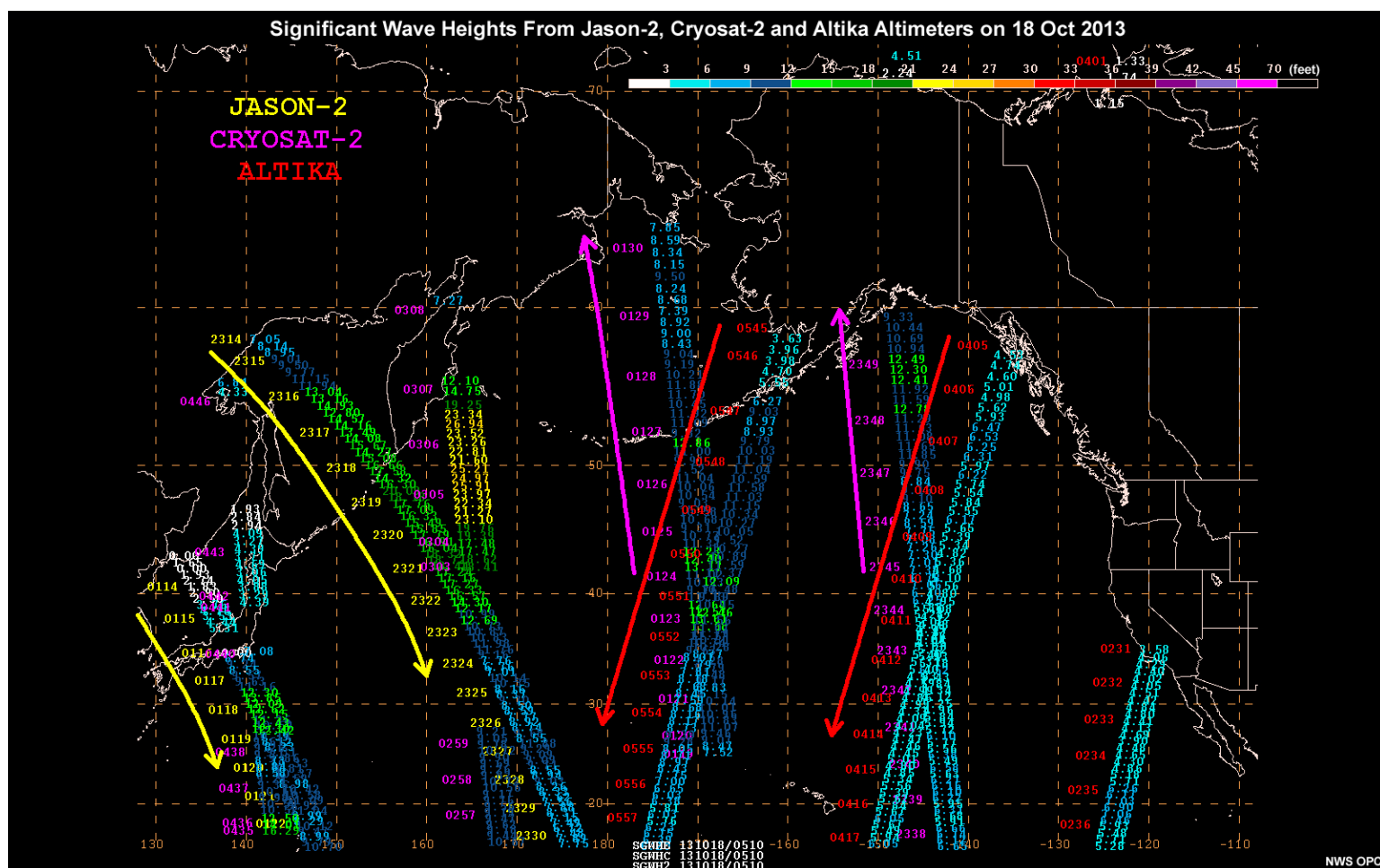
Для робочих застосувань використовуються дані висотоміра 1 Гц. Ці вимірювання проводяться щосекунди. На основі руху супутника та типового відбитка висотоміра від 10 до 30 км можна отримати значні оцінки висоти хвилі на відстані приблизно 7 км над поверхнею океану.

Похибка при обчисленні значущих висот хвиль становить близько 20 см. Це визначається шляхом порівняння оцінок висотоміра значної висоти хвилі з вимірюваннями з буїв. Буї використовуються з кількох причин. По-перше, порівняння з кораблями є складним, враховуючи труднощі з ручним спостереженням значущих хвиль. Крім того, кораблі, як правило, уникають районів із високими хвилями, що обмежує дані, які вони можуть надати. По-друге, проводяться взаємні порівняння між супутниками, але є кілька точок, де супутникові висотоміри перетинаються одночасно.

Щоб отримати додаткові відомості про альтиметрію та її ширші застосування, перегляньте урок Jason-2: Використання супутникової альтиметрії для моніторингу океану на веб-сайті MetEd (Jason-2: Using Satellite Altimetry to Monitor the Ocean).

Декілька альтиметрів (висотомірів): покриття

На цьому зображенні показані дані висотоміра про значну висоту хвилі за 6-годинний період над північною частиною Тихого океану 18 жовтня 2013 року.



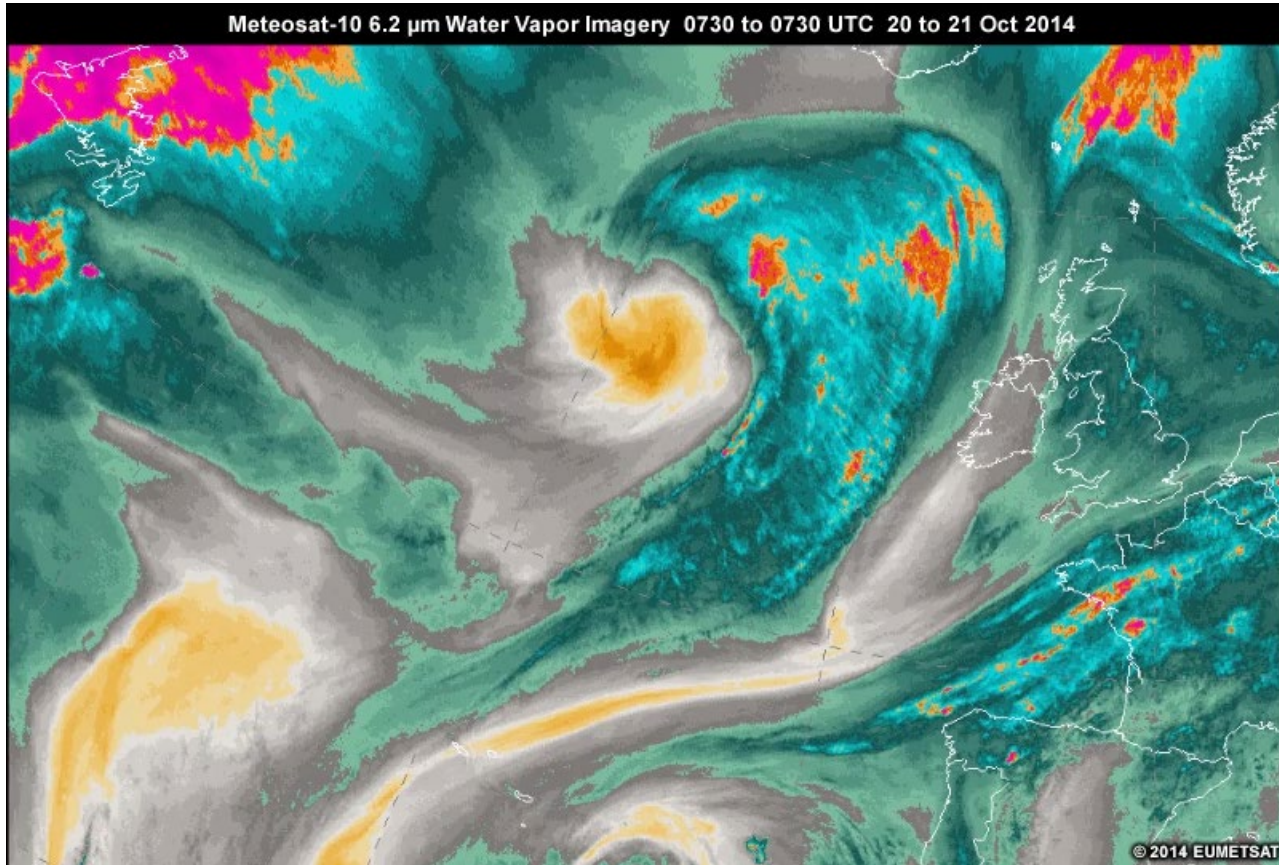
Кольорові стрілки вказують напрям супутникової доріжки (треку). Менші числа (які перекриваються) позначають висоту хвилі у футах. Цифри ліворуч позначають час чутливості, показаний з інтервалом в 1 хвилину. Відображаються дані трьох висотомірних місій: Jason-2, Cryosat і SARAL-Altika.

Це рівень покриття, який можна очікувати від трьох висотомірів. В останні роки зазвичай було принаймні три висотомірні місії, де були доступні оцінки значної висоти хвилі майже в реальному часі.

Зверніть увагу на місця перетину доріжок (треків) висотоміра від різних супутників. Хоча перетини розділені в часі аж на чотири години, узгодження висот хвиль досить добре.

Вступ

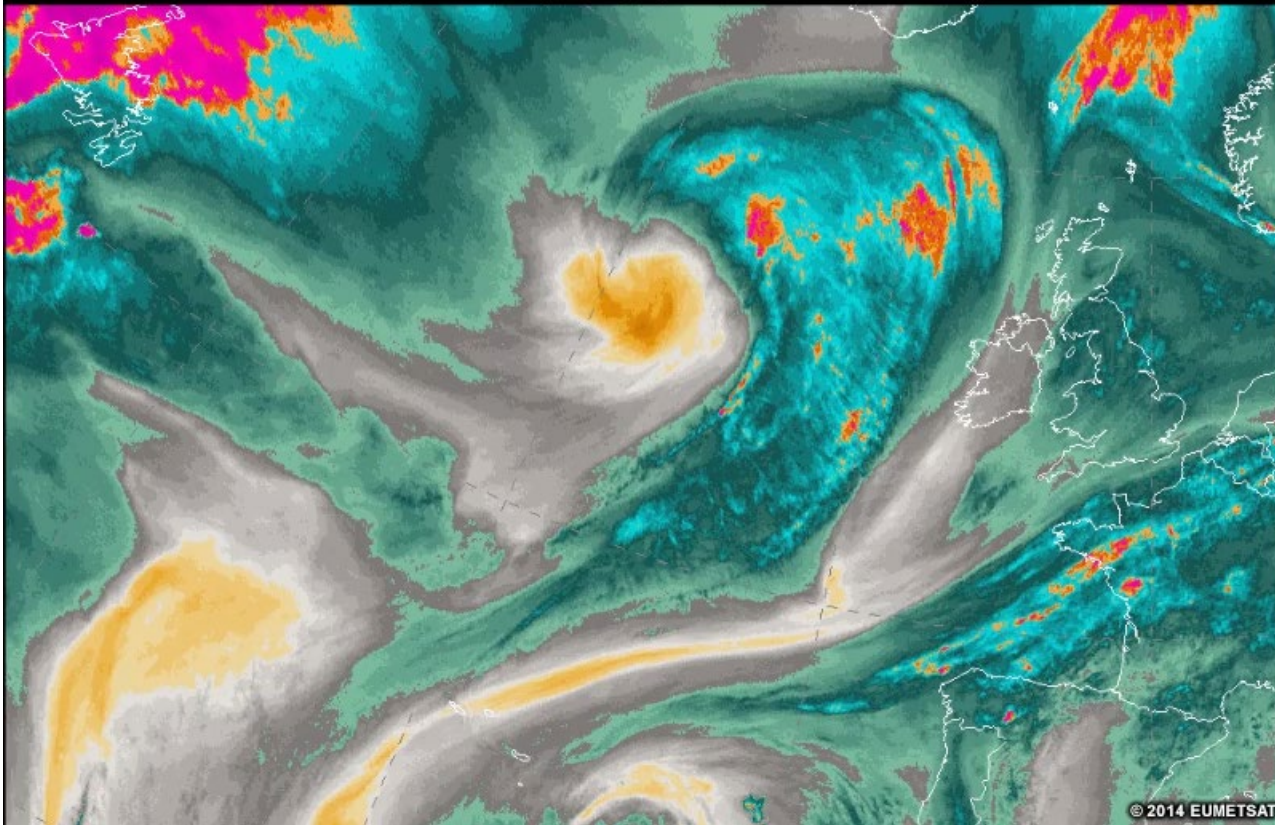
У цьому випадку розглядаються дані вітру з скаттерометра для штормової системи, яка рухалася через північну частину Атлантичного океану 20 і 21 жовтня 2014 року. Це дозволяє вам попрактикуватися в інтерпретації характеристик синоптичного масштабу, використовуючи поєднання вітрів ASCAT, даних MLE і супутникових WV-зображень. Це також ілюструє цінність цих наборів даних у поєднанні з належним знанням сильних сторін і обмежень кожного продукту.



Синоптичні особливості

Подивіться на послідовність WV- зображень водяної та запам'ятайте подумки розташування струменевого потоку та можливі особливості поверхні, такі як фронти, максимуми та мінімуми над Північною Атлантикою.

Meteosat-10 6.2 μm Water Vapor Imagery 0730 to 0730 UTC 20 to 21 Oct 2014

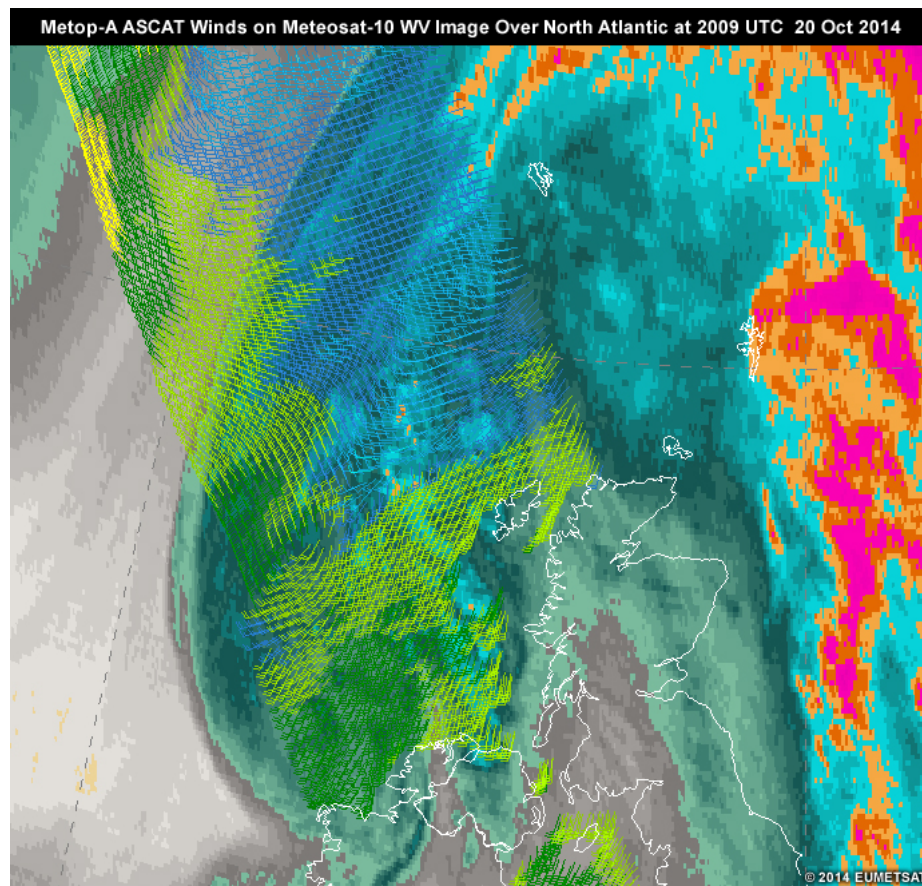
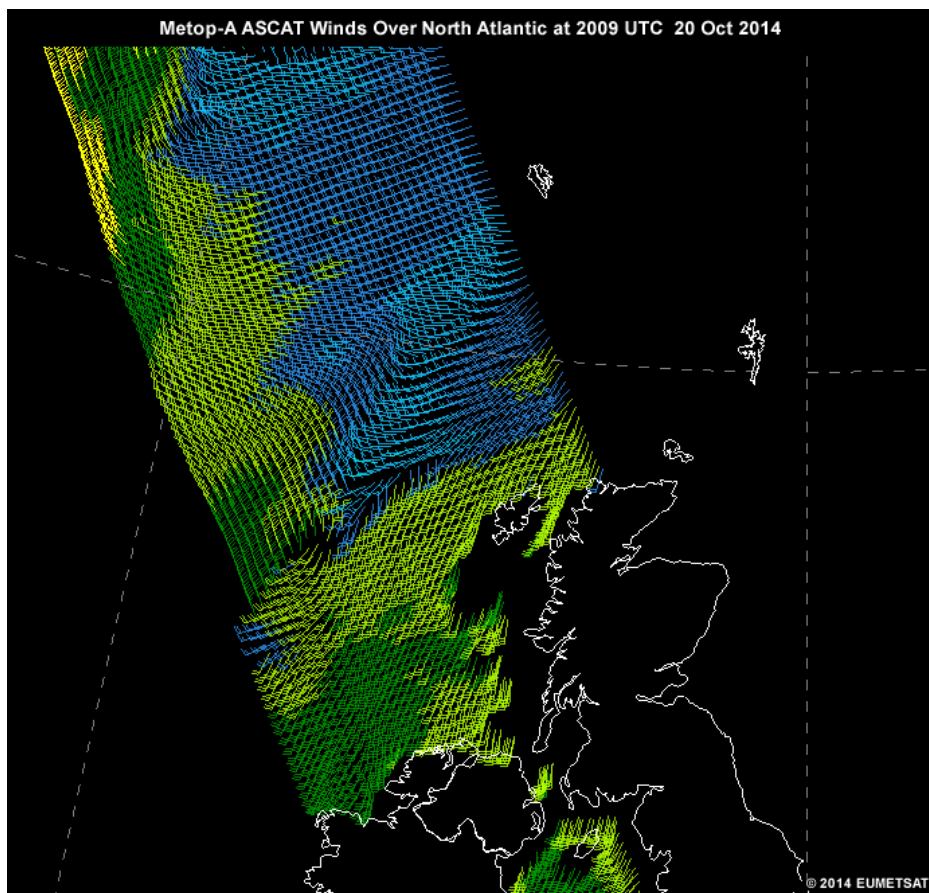


Перейдіть за посиланням, щоб переглянути відео :

https://www.meted.ucar.edu/EUMETSAT/marine_forecasting/media/video/s9_met10_62wv_20oct14_ani.mp4

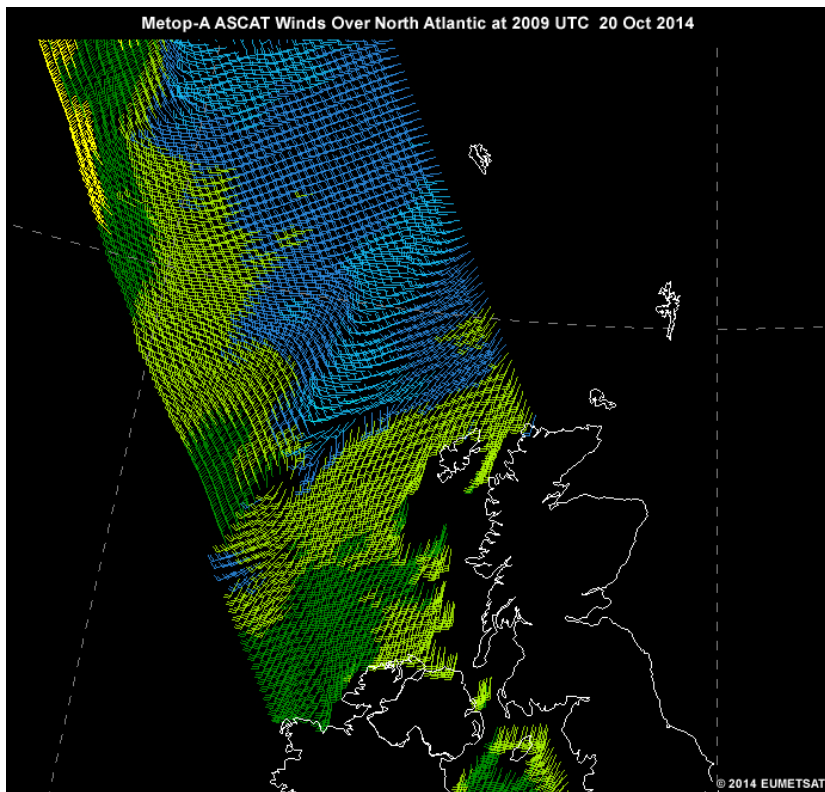
Тепер розгляньте WV-зображення за 21:30 UTC, накладене на зображення MLE за 21:51 за UTC за 20 жовтня. Прапорці показують області з мінливим, посиленим вітром.

Порівняйте зображення вітру ASCAT за 20:09 UTC, 20 жовтня 2014 року із супутниковим WV-зображенням за той самий час.



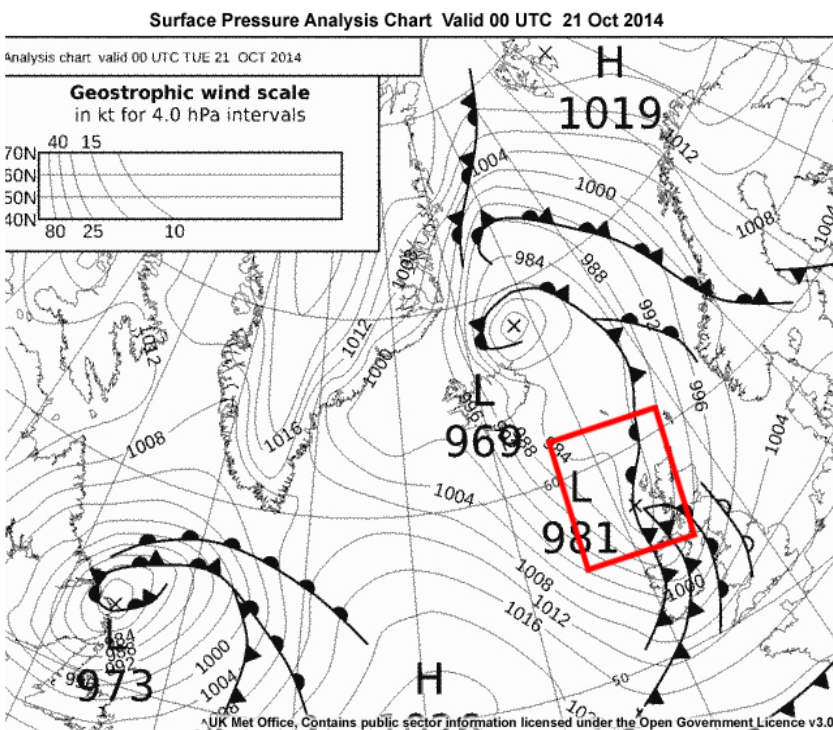
Поверхнева западина

Спробуйте накреслити лінію на графіку вітру ASCAT, позначаючи розташування поверхневої западини.



Далі порівняйте свій аналіз (розташування поверхневої западини) з аналізом Метеорологічного бюро Великобританії, дійсним на 00 UTC 21 жовтня. Це приблизно через дві години після створення графіка вітру ASCAT.

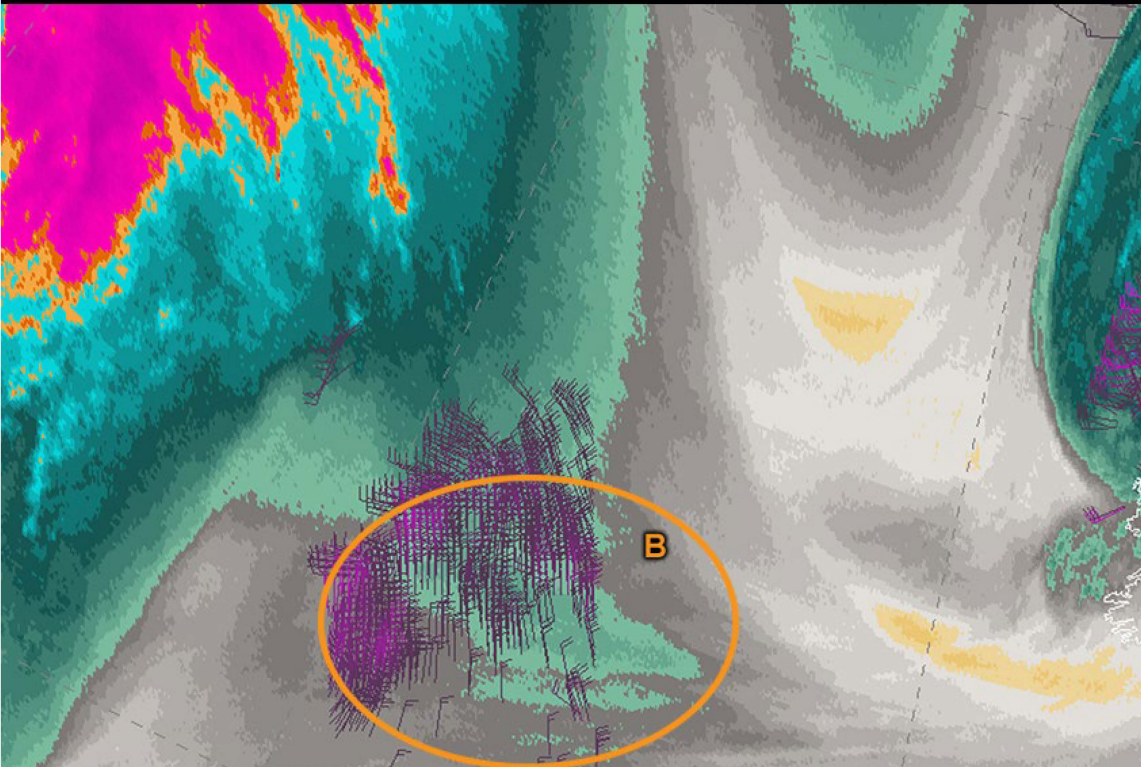
Вітри ASCAT чітко демонструють розрив на поверхні, що дозволяє нам з певною точністю визначити положення поверхневого фронту. Аналіз Метеорологічного бюро Великобританії підтверджує наявність поверхневого фронту.



Варіація вітрів

Тепер подивіться на графіки вітру та накладені "прапорці" над областю В. Зображення було збільшено, щоб краще показати деталі в полі вітру.

ASCAT MLE Winds on Meteosat-10 Water Vapor Image, North Atlantic 2130 UTC 20 Oct 2014



ASCAT Winds on Meteosat-10 Water Vapor Image, North Atlantic 2130 UTC 20 Oct 2014

