
En strategi for utvikling av et satellittbasert varslingsystem for vulkansk aske for norsk luftfart

Kjetil Tørseth og Øystein Hov



Oppdragsrapport

Innhold

	Side
1 Innledning	2
2 Seminar om målinger og modellering av vulkansk aske	2
3 En strategi for utvikling av et satellittbasert varslingsystem for vulkansk aske for norsk luftfart	2
3.1 Introduksjon til internasjonale initiativer	2
3.2 Generelt om observasjoner og deres anvendelse.....	3
3.3 Observasjoner som grunnlag for forbedrede modellprognoser.....	5
3.4 Veien videre	5
4 Publikasjoner, rapporter og postere fra met.no og NILU i perioden 2010-2011 knyttet til vulkansk aske.....	6

En strategi for utvikling av et satellittbasert varslingsystem for vulkansk aske for norsk luftfart

1 Innledning

Norsk Romsenter har i følgemiddelkontrakt for 2010, ”Roadmap towards EarthCARE and Sentinel-5 precursor – JOP.04.10.2”, gitt Norsk institutt for luftforskning (NILU) og Meteorologisk institutt (Met.no) støtte for å etablere en dialog med relevante ”stakeholders” som har behov for informasjon som kan avhjelpe regulering av flytrafikken i tilfelle spredning av vulkansk aske. Oppdraget inkluderer utarbeidelse av en strategi for utvikling av nasjonale satellittbaserte operasjonelle tjenester som kan støtte luftfartsnæringen i fremtiden. Dette dokumentet presenterer a) det nasjonale seminaret som ble avholdt 6. desember 2010, og b) en strategi for hvilke observasjoner som vil direkte kunne nyttiggjøres i fremtidige operasjonelle tjenester.

2 Seminar om målinger og modellering av vulkansk aske

Seminaret ble avholdt ved NILU (Kjeller) mandag 6. desember. Totalt deltok 12 representanter fra hhv Samferdselsdepartementet, Luftfartstilsynet, Avinor, Luftforsvaret, Widerøe, Lufttransport, NHO Luftfart, Norsk flygelederforening, Norsk flygerforbund og Norsk Romsenter. I tillegg deltok 8 personer fra NILU og met.no. En fullstendig oversikt over program og deltakere finnes på ftp://ftp.nilu.no/pub/NILU/kjetil/askeseminar_06122010/. Her finnes også de foredrag/presentasjoner som ble gitt. Hovedfokus for presentasjonene var å informere om de kritiske informasjonsbehovene en har for å kunne utarbeide prognoser om askeskyers spredning og konsentrasjonsnivåer i disse, i tid og rom. Begrensninger ved ulike former for metodikk ble også omtalt, sammen med behovet for å utvikle systemer som kan fungere på operasjonell basis, samt kostnadmessige hensyn ved drifting av slike. Det ble også lagt vekt på å informere om internasjonale prosesser som er etablert for å forbedre beredskapen i forbindelse med fremtidige utbrudd.

3 En strategi for utvikling av et satellittbasert varslingsystem for vulkansk aske for norsk luftfart

3.1 Introduksjon til internasjonale initiativer

Siden utbruddet på Eyjafjallajökul startet har det vært utført en betydelig innsats fra værvarslingsinstitusjoner og forskningsinstitutter over hele Europa knyttet til å kvantifisere nivåer av vulkansk aske i det europeiske luftrommet. Allerede ved møtet til European Geophysical Union (EGU) 2.–7. mai 2010 ble det avholdt en ”special session” knyttet til utbruddet. Dette ble etterfulgt av en workshop knyttet til overvåking av vulkansk aske fra satellitt arrangert av EUMETSAT og ESA

(http://earth.eo.esa.int/workshops/Volcano/files/STM-280_ash101004_V2.pdf).

Rapporten fra dette møtet gir en rekke anbefalinger knyttet til temaene:

- a) are we making best use of observing systems to address the problems created by the Eyjafjöll eruption (airborne, groundbased, satellite measurements),
- b) How can the R&D Community best contribute to improve VAAC analysis and prediction of volcanic ash plume,
- c) What are the observations VAACs need and what are the implications for future satellite observing systems?

Det er også initiert aktiviteter under WMO og ICAO som er relevante for problemstillingen. Etter "5th International workshop on Volcanic Ash" (17.–21. mars 2010) er det opprettet en "Volcanic Ash Advisory Group (VA-SAG) in order to create a single, authoritative source of scientific expertise in the field of volcanic ash affecting civil aviation with emphasis both on meteorological (remote sensing and in-situ observations, transport and dispersion modeling) as well as geophysical/volcanological issues such as eruption source parameters, ash characteristics, ash fallout and aggregation". ICAO opprettet etter utbruddet å etablere en Internasjonal Volcanic Ash Task Force (IVATF) med mandat å skulle akselerere fremskaffelsen av råd og standarder. VA-SAG hadde sitt første møte i sammenheng med IVATFs møte i Montreal 27.–30. juli 2010 og VA-SAG ble gitt følgende oppgave: "Determine ways and means to improve volcanic detection/avoidance systems for pre-flight and en-route decisions by operators and regulators".

Opgaven er videre brutt ned i tre deloppgaver knyttet til hhv bakkebasert instrumentering, flybåren instrumentering og satellittinstrumenter. Leveransen av dette arbeidet skal inkludere "guidance material identifying technologies and recommended system requirements for pertinent ground, airborne and space-based systems". Gruppen ledes av Fred Prata (NILU).

Det ble høsten 2010 også avholdt en internasjonal workshop for å diskutere kunnskapsbehov knyttet til modellering av vulkansk aske. <http://www.unige.ch/sciences/terre/mineral/CERG/Workshop.html>.

I tillegg til disse aktivitetene er det avholdt en rekke møter av mer populærvitenskapelig eller politisk natur hvor synspunkter på kunnskapsstatus, kunnskapsbehov og ønsker om etablering av infrastruktur for måling og modellering er formidlet og diskutert med ulike interessenter. Det ventes nå en rekke vitenskapelige artikler i tidsskrifter med peer-review¹ som ytterligere vil bidra med resultater og data som kan være av nytte for diskusjoner om hvilke tiltak som bør gjøres for å bedre beredskapen i tilfelle nye utbrudd.

3.2 Generelt om observasjoner og deres anvendelse

Man kan skille mellom to hovedformål med bruk av observasjonsdata, det ene er å sikre at fly ikke utsettes for vulkansk aske i konsentrasjoner som kan true

¹ F.eks http://www.atmos-chem-phys.net/special_issue212.html og http://www.atmos-chem-phys-discuss.net/special_issue122.html

flysikkerhet eller økonomiske verdier knyttet til skade på fly (her vil man velge et føre var prinsipp, og unngå flyvning i områder der man har grunn til å tro at det finnes vulkansk aske). Det andre hovedformålet er å forvalte lufttrafikken i områder med lave nivåer av vulkansk aske (her vil man ha ønske om kjennskap til mer eksakte konsentrasjonsnivåer for sammenligning med nivåer oppgitt som grenseverdier fra flyindustrien og luftfartsorganisasjonene).

Den viktigste kilden til informasjon for deteksjon av vulkansk aske er utvilsomt fra instrumenter på satellitt. Fordeler inkluderer en enorm romlig dekning, høy operasjonalitet (spesielt fra geostasjonære satellitter som kan gi data med en tidsforsinkelse ned mot 15 minutter) og ved at kvantitative produkter kan fremskaffes over et eventuelt skydekke. Slike produkter kan lett stilles til rådighet for en rekke brukere inkludert etableres hos institusjoner med operasjonelt ansvar for askevarsler (VAACs, nasjonale meteorologiske institusjoner med mer). Satellittprodukter kan fremskaffe kvantitativ informasjon samt informasjon om høydefordeling.

Forskningsfly er en annen viktig ressurs fordi man kan fremskaffe informasjon med relevant instrumentering egnet til kvantitativ bestemmelse av askekonsentrasjoner. Det er imidlertid vesentlige begrensninger knyttet til geografisk og romlig dekning, usikkerhet om man fanger opp maksimumsområdene, og man vil normalt unngå å fly der hvor askekonsentrasjon er høy. Det er også store utfordringer i selve målingene (kompliserte instrumenter med stort behov for prosessering, og ved at data ikke lett kan formidles i en standardisert måte for bruk i modellberegninger). Bemanning og vedlikehold av kompetanse rundt forskningsinstrumentering i fly er også krevende.

Bakkebaserte instrumenter har vesentlige begrensninger knyttet til evne til å detektere (f.eks. ved skydekke) og kvantifisere aske. Videre vil det være veldig krevende å operere adekvat instrumentering med tilstrekkelig romlig oppløsning. Strategisk plasserte bakkeinstrumenter kan allikevel være av stor nytte for å validere modellberegninger, for å sammenligne med data fra satellittinstrumenter og for å si noe om vertikalutbredelsen av eventuelle askelag.

Definisjonen av databehov/bruk må ta hensyn til i hvilken grad resultater skal kunne benyttes operasjonelt (dvs. at det finnes standardiserte instrumenter med klarlagte rutiner for kvalitetssikring, dataflyt, prosessering og bruk av VAACs etc) eller om målinger må initieres ved utbrudd, og videre at data må behandles av eksperter før de har noen verdi for brukerne (eksempler her inkluderer forskningsfly, UAS målinger, bakkebasert lidar med mer). Det er også viktig å merke seg at alle observasjonstyper kan ha til dels vesentlige begrensninger i deres evne til å fremskaffe anvendbar informasjon.

Oppbygging av en adekvat infrastruktur som kombinerer observasjoner med operasjonelle modellsimuleringer vil kreve en omfattende prosess. Det er avgjørende at eksisterende infrastruktur benyttes i størst mulig grad, og at en kompletterer der det er mangler ut fra en vurdering som innbefatter aspekter som operasjonalitet, potensial og begrensninger ved ulike alternativer, lokalisering av instrumentering, driftsmessige forhold (kompetanse og kostnad), internasjonale krav under etablering med mer.

3.3 Observasjoner som grunnlag for forbedrede modellprognoser

NILU har siden 2009 jobbet aktivt med å utvikle metodikk der målinger av aske kan benyttes direkte for å kvantifisere mengde og vertikalfordeling av aske fra et vulkanutbrudd (Eckhardt et al., 2008, Stohl et al 2011). Dette gjøres ved såkalt invers modellering der en modell kjøres med en lang rekke antakelser av utbruddets karakter, og så sammenlignes modellprognosen med det som fremkommer av uavhengige observasjoner mv fra satellitt (men også andre datatyper benyttes). På denne måten kan man forbedre modellbeskrivelsene vesentlig, og det jobbes for å ta metodikken i anvendelse ved London VAAC.

Ved vulkanutbruddet på Grimsvotn mai 2011 var det åpenbart at antakelsene av mengde og vertikalfordeling av aske ikke stemte med realitetene. Analyser av data fra SEVIRI og IASI viste langt lavere konsentrasjoner enn de modellkjøringer som var basis for regulering av flytrafikken. Gjennom den nyetablerte ”Etatsgruppe for vulkansk aske” (under ledelse av Luftfartstilsynet) bidro således målinger direkte til at det ble trukket en beslutning om å ikke regulere luftrommet til tross for at det offisielle varslene indikerte at grenseverdiene kunne bli nådd². I ettertid viste det seg å være godt samsvar mellom estimer basert på SEVIRI og det som ble målt ved bakkebaserte instrumenter i Sør-Norge, og at nivåene var om lag 10% av grenseverdien. Det var således en betydelig økonomisk gevinst av å ha målinger som kunne kvantifisere mengden aske³, men man selvfølgelig også tenke seg situasjoner der målinger påviser høyere nivå enn det modellene forutsier, og derved bidrar til å forhindre skade på fly.

3.4 Veien videre

Erfaringene fra EVA-gruppen og dens anvendelse av nasjonal kompetanse som et supplement til de offisielle varsel som utgis av London VAAC har vekket internasjonal oppmerksomhet. Dette var grunnlag for et møte ved Eurocontrol (september 2011) for å diskutere hvordan dette kunne utvikles videre. Det tas sikte på et møte mot slutten av 2011 hvor en av målsetningene er ”use input from the scientific community to improve data available to operational decision makers. The purpose of this event is to identify short-term improvements in ash prediction capability, the scientific community could deploy that would significantly enhance the information available to operational decision makers in a future ash crisis”.

NILU og met.no har gitt innspill til Luftfartstilsynet knyttet til en mulig etablering av et prosjekt som skal konkretisere og detaljere tiltak som kan styrke beredskapen for fremtidige situasjoner med vulkansk aske i luftrommet. Aktivitetene vil innebære styrket kompetanse rundt metodikk for deteksjon av vulkansk aske, og hvordan slik informasjon kan formidles til brukerne. Dette prosjektet vil, dersom finansiert, realisere forbedrede produkter for anvendelse

² http://www.avinor.no/tridionimages/avinorpuls-02_2011-s10-12_tcm181-130798.pdf

³ <http://www.romsenter.no/Satellitdata+sparte+Norge+millioner.d25-TwlvUW1.ips>

ved fremtidige vulkanutbrudd. Det er i skrivende stund ikke besluttet om aktiviteten vil bli finansiert eller ikke.

4 Publikasjoner, rapporter og postere fra met.no og NILU i perioden 2010-2011 knyttet til vulkansk aske.


- Bartnicki, J., Haakenstad, H., Hov, Ø. (2010) Volcano version of the SNAP Model. Oslo, Norwegian Meteorological Institute (met.no report 15/2010). http://met.no/Forskning/Publikasjoner/Publikasjoner_2010/filestore/metno_report_153.pdf.
- Bartnicki, J., Hov, Ø., Valdebenito, A., Gauss, M. (2010) Eyjafjallajökull eruption: Prediction of atmospheric dispersion of volcanic ash from the Eyjafjallajökull eruption – An example of operational post-processing of numerical weather prediction data. *Meta: A magazine published by the Notur II project*, (2), 4-10.
- Bitar, L., Duck, T.J., Kristiansen, N.I., Stohl, A., Beauchamp, S. (2010) Lidar observations of Kasatochi volcano aerosols in the troposphere and stratosphere. *J. Geophys. Res.*, 115, D00L13. doi:10.1029/2009JD013650
- Carn, A., Prata, A.J. (2010) Satellite-based constraints on explosive SO₂ release from Soufrière Hills Volcano, Montserrat. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L00E22.
- Carn, S.A., Prata, F., Durant, A., Rose, W.I. (2010) Satellite remote sensing of the 2008 Chaitén eruption. Presented at 2010 AGU Fall Meeting, San Francisco, 13-17 December 2010 (Abstract V34B-02). Kjeller, NILU (NILU F 104/2010).
- Clarisse, L., Prata, A.J., Lacour, J., Hurtmans, D., Clerbaux, C., Coheur, P. (2010) A correlation method for volcanic ash detection using hyperspectral infrared measurements. *Geophys. Res. Lett.*, 37, L19806.
- Clarisse, L., Prata, F., Clerbaux, C., Hurtmans, D., Coheur, P. (2010) Detecting and quantifying volcanic ash, ice and sulfate aerosols with hyperspectral infrared sounders. Presented at 2010 AGU Fall Meeting, San Francisco, 13-17 December 2010 (Abstract NH51D-02). Kjeller, NILU (NILU F 105/2010).
- Corradini, S., Merucci, L., Prata, A.J., Piscini, A. (2010) Volcanic ash and SO₂ in the 2008 Kasatochi eruption: Retrievals comparison from different IR satellite sensors. *J. Geophys. Res.*, 115, D00L21.
- Durant, A., Villarosa, G., Rose, W.I., Delmelle, P., Prata, A.J., Viramonte, J.G. (2011) Long-range volcanic ash transport and fallout during the 2008 eruption of Chaitén volcano, Chile. *Phys. Chem. Earth*, in press. doi:10.1016/j.pce.2011.09.004
- Eckhardt, S., Stohl, A., Cassiani, M., Cammas, J.-P. (2011) The impact of North American emissions on carbon monoxide and ozone concentrations over Europe. Poster presented at the AGU Chapman Conference on Advances in Lagrangian Modeling of the Atmosphere, Grindelwald, Switzerland, 9-14 October 2011. Kjeller, NILU (NILU PP 07/2011).

- Galmarini, S., Stohl, A., Wotawa, G. (2011) Fund experiments on atmospheric hazards. (Comment, correspondence). *Nature*, 473, 285.
- Kristiansen, N., Stohl, A., Prata, F., Rischter, A., Eckhard, S., Seibert, P., Hoffmann, A., Ritter, C., Bitar, L., Duck, T.J., Stebel, K. (2010) Remote sensing and inverse transport modeling of the Kasatochi eruption sulfur dioxide cloud. *J. Geophys. Res.*, 115, D00L16. doi:10.1029/2009JD013286
- Kristiansen, N.I., Eckhardt, S., Prata, F., Stohl, A., Stebel, K., Seibert, P., Richter, A. (2010) Satellite retrievals and transport modeling of volcanic eruption clouds. Poster presented at the ESA Living Planet Symposium, Bergen, 29 June 2010. Kjeller, NILU (NILU PP 15/2010).
- Kristiansen, N.I., Stohl, A., Prata, A.J., Richter, A., Eckhardt, S., Seibert, P., Hoffmann, A., Ritter, C., Bitar, L., Duck, T.J., Stebel, K. (2010) The eruption of Kasatochi Volcano; Remote sensing and transport modeling of the emitted sulfur dioxide cloud. Poster presented at European Research Course on Atmospheres (ERCA), 11 January-12 February, Grenoble, France, January 2010. Kjeller, NILU (NILU PP 01/2010).
- Kristiansen, N.I., Stohl, A., Prata, F., Eckhardt, S., Seibert, P., Webster, H., Clarisse, L., Henne, S. (2011) Satellite retrievals and transport modeling of volcanic eruption clouds. Poster presented at the Norwegian Research School in Climate Dynamics (ResClim) All staff meeting, Bergen, 28 March 2011. Kjeller, NILU (NILU PP 04/2011).
- Papayannis, A., Mamouri, R.E., Amiridis, V., Giannakaki, E., Veselovskii, I., Kokkalis, P., Tsaknakis, G., Balis, D., Kristiansen, N.I., Stohl, A., Korenskiy, M., Allakhverdiev, K., Huseyinoglu, M.F., Baykara, T. (2011) Optical properties and vertical extension of aged ash layers over the Eastern Mediterranean as observed by Raman lidars during the Eyjafjallajökull eruption in May 2010. *Atmos. Environ.*, in press.
doi:10.1016/j.atmosenv.2011.08.037
- Prata, A.J., Gangale, G., Clarisse, L., Karagulian, F. (2010) Ash and sulfur dioxide in the 2008 eruptions of Okmok and Kasatochi: Insights from high spectral resolution satellite measurements. *J. Geophys. Res.*, 115, D00L18. doi:10.1029/2009JD013556
- Prata, F. (2010) Eyjafjallajökull volcanic ash concentrations determined from CALIOP and SEVIRI measurements. Presented at 2010 AGU Fall Meeting, San Francisco, 13-17 December 2010 (Abstract NH51D-04). Kjeller, NILU (NILU F 92/2010).
- Prata, F., Bernardo, C., Durant, A., Ackerman, J., Davies, I. (2010) AVOID. The airborne volcanic object infrared detector. Poster presentation. Kjeller, NILU (NILU PP 31/2010).
- Prata, F., Stohl, A., Eckhardt, S., Kristiansen, N., Stebel, K., Clarisse, L., Seibert, P., Thomas, H.E. (2010) Reconstructing the volcanic eruption source term for Eyjafjallajökull using inverse modeling and satellite retrievals. Presented at

2010 AGU Fall Meeting, San Francisco, 13-17 December 2010 (Abstract V54C-04). Kjeller, NILU (NILU F 102/2010).

- Prata, F., Stohl, A., Tørseth, K., Clarisse, L., Carn, S., Pavalonis, M., Corradini, S., Merucci, L., Piscini, A. (2010) Satellite detection of volcanic ash from Eyjafjallajökull and the threat to aviation. *Geophys. Res. Abstr.*, 12, EGU2010-15732.
- Prata, F., Zeller, O., Corlett, G., Remedios, J., Kogler, C. (2010) Land surface temperature determination from ATSR-family of instruments and the Sentinel-3 SLSTR. Poster presented at the International TOVS Study Conferences, ITSC 17, Monterey, CA, 14-20 April. Kjeller, NILU (NILU PP 04/2010).
- Realmuto, V.J., Prata, F. (2010) Visualizing the evolution of Eyjafjallajökull ash clouds. Poster presented at 2010 AGU Fall Meeting, San Francisco, 13-17 December 2010 (Abstract V41E-2317). Kjeller, NILU (NILU F 106/2010).
- Rose, W.I., Durant, A.J. (2011) Fate of volcanic ash: Aggregation and fallout. *Geology*, 39, 895-896. doi:10.1130/focus092011.1
- Schumann, U., Weinzierl, B., Reitebuch, O., Schlager, H., Minikin, A., Forster, C., Baumann, R., Sailer, T., Graf, K., Mannstein, H., Voigt, C., Rahm, S., Simmet, R., Scheibe, M., Lichtenstern, M., Stock, P., Rüba, H., Schäuble, D., Tafferner, A., Rautenhaus, M., Gerz, T., Ziereis, H., Krautstrunk, M., Mallaun, C., Gayet, J.-F., Lieke, K., Kandler, K., Ebert, M., Weinbruch, S., Stohl, A., Gasteiger, J., Groß, S., Freudenthaler, V., Wiegner, M., Ansmann, A., Tesche, M., Olafsson, H., Sturm, K. (2011) Airborne observations of the Eyjafjalla volcano ash cloud over Europe during air space closure in April and May 2010. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 2245-2279. doi:10.5194/acp-11-2245-2011
- Seibert, P., Eckhardt, S., Kristiansen, N., Prata, F., Richter, A., Stohl, A. (2010) Uncertainties in the inverse modelling of sulphur dioxide eruption profiles. *Geophys. Res. Abstr.*, 12, EGU2010-12406.
- Seibert, P., Kristiansen, N.I., Richter, A., Eckhardt, S., Prata, A.J., Stohl, A. (2011) Uncertainties in the inverse modelling of sulphur dioxide eruption profiles. *Geomatics Nat. Hazard Risk.*, 2, 201-216. doi:10.1080/19475705.2011.590533
- Stohl, A., Kristiansen, N.I., Eckhardt, S., Burkhart, J.F., Baltensperger, U., Pavalonis, M., Prata, F., Thorsteinsson, T., Tørseth, K. (2010) Modeling and forecasting the distribution of volcanic ash from the Eyjafjallajökull eruption. *Geophys. Res. Abstr.*, 12, EGU2010-15766.
- Stohl, A., Prata, A.J., Eckhardt, S., Clarisse, L., Durant, A., Henne, S., Kristiansen, N.I., Minikin, A., Schumann, U., Seibert, P., Stebel, K., Thomas, H.E., Thorsteinsson, T., Tørseth, K., Weinzierl, B. (2011) Determination of time- and height-resolved volcanic ash emissions and their use for quantitative ash dispersion modeling: the 2010 Eyjafjallajökull eruption. *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 4333-4351. doi:10.5194/acp-11-4333-2011

- Stohl, A., Prata, A.J., Eckhardt, S., Clarisse, L., Durant, A., Henne, S., Kristiansen, N.I., Minikin, A., Schumann, U., Seibert, P., Stebel, K., Thomas, H.E., Thorsteinsson, T., Tørseth, K., Weinzierl, B. (2011) Determination of time- and height-resolved volcanic ash emissions for quantitative ash dispersion modeling: The 2010 Eyjafjallajökull eruption. Poster presented at the EGU General Assembly 2011, Vienna, 3-8 April 2011. Kjeller, NILU (NILU PP 05/2011).
- Thomas, H.E., Prata, F., Carn, S.A., Clarisse, L., Watson, M.I. (2010) Separation of volcanic ash and sulfur dioxide from the Eyjafjallajökull eruption, April-May 2010. Presented at 2010 AGU Fall Meeting, San Francisco, 13-17 December 2010 (Abstract V54C-04). Kjeller, NILU (NILU F 103/2010).
- Thomas, H.E., Watson, I.M., Carn, S.A., Prata, A.J., Realmuto, V.J. (2011) A comparison of AIRS, MODIS and OMI sulphur dioxide retrievals in volcanic clouds. *Geomatics Nat. Hazard Risk.*, 2, 217-232.
doi:10.1080/19475705.2011.564212

RAPPORTTYPE OPPDRAGRAPPORT	RAPPORT NR. OR 59/2011	ISBN: 978-82-425-2446-1 (trykt) 978-82-425-2447-8 (elektronisk) ISSN: 0807-7207	
DATO 1.11.11	ANSV. SIGN. 	ANT. SIDER 11	PRIS NOK 150,-
TITTEL En strategi for utvikling av et satellittbasert varslingsystem for vulkansk aske for norsk luftfart		PROSJEKTLEDER Aasmund Fahre Vik	
		NILU PROSJEKT NR. O-110041	
FORFATTER(E) Kjetil Tørseth og Øystein Hov		TILGJENGELIGHET * A	
		OPPDRAUGSGIVERS REF. JOP.04.10.2	
KVALITETSSIKRER: AFV			
OPPDRAUGSGIVER Norsk Romsenter Postboks 113 Skøyen 0212 Oslo			
STIKKORD Vulkansk aske	Aerosoler/partikler		
REFERAT NILU har fått i oppdrag å utvikle nasjonale satellittbaserte operasjonelle tjenester som kan støtte luftfartsnæringen i fremtiden. Dette dokumentet presenterer a) det nasjonale seminaret som ble avholdt 6. desember 2010, og b) en strategi for hvilke observasjoner som vil direkte kunne nyttiggjøres i fremtidige operasjonelle tjenester.			
TITLE Strategy for national satellite related operational support to aviation for volcanic ash avoidance			
ABSTRACT			

* Kategorier A Åpen – kan bestilles fra NILU
 B Begrenset distribusjon
 C Kan ikke utleveres

REFERANSE: O-110041
DATO: OKTOBER 2011
ISBN: 978-82-425-2446-1 (trykt)
978-82-425-2447-8 (elektronisk)

NILU er en uavhengig stiftelse etablert i 1969. NILUs forskning har som formål å øke forståelsen for prosesser og effekter knyttet til klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter. På bakgrunn av forskningen leverer NILU integrerte tjenester og produkter innenfor analyse, overvåkning og rådgivning. NILU er opptatt av å opplyse og gi råd til samfunnet om klimaendringer og forurensning og konsekvensene av dette.