

EISCAT-tutkimushanke vuosina 1984-2000. Historiikki

Jorma Kangas
Fysiikan laitos, Oulun yliopisto



Kansikuva (verkkopalvelusta <http://www.eiscat.se>) esittää Tromssan EISCAT-tutkia: etualalla vasemmalla VHF, takana oikealla UHF. Jälkimmäisen signaalia vastaanottavat antenit ovat myös Kiirunassa ja Sodankylässä.

Sisältö

Yhteenveto, Summary

1. Johdanto
2. EISCAT-järjestön merkkipaalat
3. EISCAT-toiminnan hallinnointi
4. EISCAT-hankkeen rahoitus
5. Koulutus
6. EISCAT-mittaukset ja data-analyysi
7. Tutkimus ja sen tuloksista
8. Epilogi

Liite 1: EISCAT-tutkimukseen liittyvät suomalaiset väitöskirjat vv. 1984-2010

Liite 2: Suomalaiset EISCAT-aiheiset julkaisut vv. 1981-2010

Oulussa, 26.3. 2010

Jorma Kangas

Fysiikan emeritus-professori

EISCAT-tutkimushanke vuosina 1984-2000. Historiikki

Jorma Kangas
Fysiikan laitos, Oulun yliopisto

Yhteenveto

Tämä historiikki on henkilökohtainen näkemykseni EISCAT-tutkimushankkeen edistymisestä vuosina 1984-2000, jolloin olin aktiivisesti mukana siinä. Suomi on EISCAT-järjestön perustajajäsen ja osallistunut sen toimintaan jo 35 vuoden ajan. EISCAT on ollut suuri menestystarina ja se on ylläpitänyt vuodesta 1981 alkaen maailmanluokan tieteellistä tutkajärjestelmää. Suomalaiset tutkijat ovat vaikuttaneet monella tavalla sekä mittausjärjestelmän ja mittaustulosten käsittelyjärjestelmän kehittämiseen että korkeiden leveyspiirien ionosfäärin ja magnetosfäärin tutkimukseen. Tämä menestys on ollut mahdollista vain siksi, että hanke on vetänyt puoleensa innostuneita ja osaavia tutkijoita ja että Suomen Akatemia on jatkuvasti tukenut tutkimusta.

Summary

This is my personal view on the EISCAT research program with the main interest in Finnish activities. Finland is a founder member of the EISCAT association. I show that EISCAT has been so far a very great success and that the Finnish contribution has been most remarkable both in the development of the radar measurements and data analysis methods and in the studies of the polar ionosphere and magnetosphere. All this success has been possible due to the dedication of several enthusiastic and skilled people in the project and due to the continuous financial support of the Academy of Finland.

I. Johdanto

EISCAT-tutkimushanke on suomalaisen avaruustutkimuksen suurimpia voimanponnistuksia. Suomi on osallistunut tähän laajaan kansainväliseen projektiin sen alusta alkaen. Se on historiallista siinä mielessä, että EISCAT-projekti on ensimmäinen kansainvälinen avaruustutkimuksen hanke, jonka sopimuksen allekirjoitti valtiollinen taho eli Suomen Akatemia sitoutuen samalla sen pitkäkestoiseen tukemiseen taloudellisesti. EISCAT-sopimus tehtiin alkujaan 13 vuodeksi, mutta se on uusittu sen jälkeen kaksi kertaa. Hankkeen kesto, 35 vuotta virallisesta sopimuksen allekirjoittamisesta v. 1975 tähän päivään saakka laskettuna on harvinainen saavutus ja kertoo hankkeen olleen tieteellisesti onnistunut. Tutkajärjestelmää on voitu kehittää uusinta tekniikkaa hyödyntäen, joten tutkijoilla on ollut jatkuvasti käytössään huippuluokan mittausrakenteisto.

Professori Juhani Oksman, joka oli Suomen edustajana hankkeen alkuvaiheissa monella tavalla, on laatinut historiikin EISCAT-tutkajärjestelmän ja -järjestön suunnitteluvaiheista ja toiminnan ensimmäisistä vuosista. Itse seurasin hankkeen kehittymistä alkuvuosina tutkijan ominaisuudessa, mutta vuoden 1984 aikana minulle lankesi vähän suurempi rooli, kun suomalainen EISCAT-tutkimusohjelma organisoitiin uudella tavalla ja minut valittiin suomalaisen EISCAT-tutkimuksen koordinaattoriksi. Se tarkoitti sitä, että tehtävänäni oli saada tutkimuksen piiriin mahdollisimman paljon tutkijoita ja koordinoida Suomen mittausajan käyttö, kun tutkien toiminta saatiin luotettavaksi. Toinen tärkeä tehtävä oli toimia yhdyshenkilönä Suomen Akatemian suuntaan ja tehdä sille tutkimuksen rahoitussuunnitelmia. Jouduin myös EISCAT-järjestön hallintoelimiin Suomen edustajaksi. Jatkoisin näissä tehtävissä vuoden 2000 loppuun saakka. Olen laatinut tämän historiikin käytössäni olevien dokumenttien ja muistikuvieni pohjalta.

2. EISCAT-järjestön merkkipaalut

Tulen tarkastelemaan EISCAT-ohjelman kehitystä lähinnä suomalaisen tutkijayhteisön ja Suomen Akatemian rahoittaman tutkimusohjelman kannalta. Kirjaan tähän alkuun tausta-aineistoksi EISCAT-järjestön ja sen tutkajärjestelmän tärkeimmät vaiheet.

Vuosi 1969:

- Eurooppalaiset ionosfääritutkijat suosittelivat epäkoherenttiin sirontaan perustuvan mittausjärjestelmän rakentamista Pohjois-Eurooppaan. URSl:n yleiskokous Ottawassa samana vuonna teki samansisältöisen suosituksen.
- Hanketta lähdettiin aluksi valmistelemaan pohjoismaisena yhteistyönä ja I. kokous pidettiin Oulussa 29.10.1969. Pian todettiin, että hankkeen taakse tarvitaan laajempi tiedeyhteisö ja vuodesta 1970 sitä alettiin suunnitella eurooppalaisena hankkeena.

Vuosi 1975:

- EISCAT-järjestön perustamissopimus allekirjoitettiin 30.12.1975. Sopimuksen osapuolet olivat Ranska, Saksa, Iso-Britannia, Norja, Ruotsi ja Suomi. Suomen edustajaksi merkittiin Suomen Akatemia.

Vuosi 1981:

- Ensimmäiset mittaukset tehtiin UHF-tutkalla. Tutkimuksen kannalta luotettavat mittaukset aloitettiin v. 1983. Ensimmäiset suomalaiset mittaukset tehtiin 5.5.1982. Kuvassa Sodankylän antenni.



Vuosi 1988:

- Aloitettiin suunnitelmat mittausjärjestelmän laajentamiseksi Huippuvuorille ja keskustelut saksalaisen Heating-laitteiston siirtämiseksi EISCAT-järjestön alaisuuteen. Huippuvuorten tutkahanke lähti liikkeelle japanilaisten tutkijoiden aloitteesta, myöhemmin v. 1989 englantilaisena aloitteena.

Vuosi 1992:

- EISCAT teki virallisen päätöksen rakentaa tutka, ESR = EISCAT Svalbad Radar Huippuvuorille.

Vuosi 1993:

- Heating-laitteisto siirtyi virallisesti EISCATin hallintaan 1.1.1993.

Vuosi 1996:

- Japanista tuli EISCAT-järjestön jäsen. ESR-tutka vihittiin käyttöön. Uusi EISCAT-sopimus tuli voimaan.

Vuosi 1999:

- ESR-tutkaa täydennettiin toisella antennilla.

Vuosi 2005:

- Uusi EISCAT-sopimus, joka tuli voimaan 1.1.2007, allekirjoitettiin. Ranska jäi sopimuksen ulkopuolelle, mutta Kiina tuli mukaan uutena jäsenenä. Aloitettiin uuden sukupolven VHF-tutkan suunnittelu osittain EU:n rahoittamana, ns. EISCAT-3D-hanke.

3. EISCAT-toiminnan hallinnointi

EISCAT-järjestön päätöksentekoa ja toiminnan kehittämistä varten on alusta alkaen ollut kolme elintä, joihin jokainen jäsenmaa on saanut nimetä edustajansa:

- EISCAT Council, Ylin päättävä elin
- SAC (Scientific Advisory Committee), Councilia avustava asiantuntijaelin
- AFC (Administrative and Finance Committee), Councilia avustava talouskomitea.

Suomen Akatemia on nimennyt Suomen edustajat näihin elimiin. Monet ovat toimineet pitkään eri tehtävissä ja taanneet sillä tavalla jatkuvuuden:

Suomen edustajat Councilissa:

- Prof. Antti Siivola (HY) 1976-94
- Opetusneuvos Osmo Ranta (OPM) 1976-87
- Prof. Jorma Kangas (OY) 1988-2000
- Prof. Tauno Turunen (SGO) 1995-97
- Prof. Markku Lehtinen (SGO) 1998-2000
- Prof. Tuomo Nygren (OY) 2001-2009
- Prof. Hannu Koskinen (HY) 2001-2003
- FT Kirsti Kauristie (IL) 2004-
- FT Anita Aikio (OY) 2010-

Suomen edustajat SAC:ssa:

- Prof. Juhani Oksman (OY) 1976-82
- Prof. Tauno Turunen (SGO) 1983-84 ja 1989-90
- Prof. Jorma Kangas (OY) 1984-88
- Prof. Markku Lehtinen 1991-97
- FT Asko Huuskonen 1998-2000
- FT Anita Aikio (OY) 2001-09
- FT Thomas Ulich (SGO) 2010-

Suomen edustajat AFC:ssä:

- Opetusneuvos Osmo Ranta (OPM) 1976-89
- Sihteeri Eeva Ikonen (SA) 1990-96
- Sihteeri Mirja Vihma-Kaurinkoski (SA) 1997-98
- Sihteeri Pentti Pulkkinen (SA) 1999-2004
- Sihteeri Kati Sulonen (SA) 2005-

EISCAT on lisäksi asettunut useita monikansallisia työryhmiä, jotka ovat valmistelleet mm. uusien tutkien suunnitelmat Councilin päätöksentekoa varten. Vuonna 2007 voimaan tullessa sopimuksessa EISCATin hallintomallia on muutettu jonkin verran, mutta Council on edelleen korkein päättävä toimielin.

Suomen EISCAT-tutkimusohjelman hallinnoinnin periaatteet päätettiin v. 1984. Suomen Akatemia nimitti EISCAT-tutkimuksen yhteistyöryhmän, koordinaattorin ja koko ohjelmalle seurantaryhmän. Samalla tehtiin päätöksiä tutkimusohjelman kotimaiseksi rahoittamiseksi. Suomen Akatemia oli huolissaan viivästyneen, suomalaisittain kalliin hankkeen hyödyntämisestä. Monien, joskus kovienkin mutta rakentavien keskustelujen jälkeen tutkimusohjelman vetovastuu osoitettiin Oulun yliopistolle.

Tauno Turunen toimi yhteistyöryhmän sihteerinä ja koordinaattorina vuoden 1984 alkupuolen. Hänet valittiin EISCATin apulaisjohtajaksi ja hänelle tuli valita seuraaja. Ensimmäisen kerran asiaa käsiteltiin työryhmän kokouksessa 14.5.1984 ja myöhemmin SAR-kokouksen aikana Norjassa 22.5.1984. Näiden neuvottelujen perusteella työryhmä esitti Suomen Akatemialle, että koordinaattoriksi ja SAC-edustajaksi valitaan Jorma Kangas.

Yhteistyöryhmän tehtävät SA määritteli seuraavasti:

- Kansallisen EISCAT-tutkimuksen koordinointi
- EISCAT-systeemin kehittäminen, erityisesti sen havainto-ohjelman käytön suunnittelu
- Yhteistyön suunnittelu muiden maiden vastaavien tutkimusryhmien kanssa
- Aloitteiden tekeminen toimikunnalle suomalaisen EISCAT-tutkimuksen kehittämiseksi

Nämä tehtävät ovat säilyneet samantapaisina tähän päivään asti. Työryhmän puheenjohtajina ovat toimineet Risto Pellinen (1984-88), Tauno Turunen (1989-95), Tuomo Nygren (1996-2009) ja Anita Aikio (2010-).

Koordinaattorin tehtäväksi tuli työryhmän päätösten toteuttaminen ja yhteydenpito Akatemian suuntaan. Otettuani tehtävän vastaan 1.9.1984 esitin oman ehdotukseni koordinaattorin tehtävistä työryhmälle kokouksessa 7.9.1984:

- Mahdollisimman moni suomalainen tutkija on saatava EISCAT-tutkimuksen piiriin.
- Erityisesti nuoria tutkijoita on rohkaistava EISCAT-tutkimuksiin.
- Kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä on kehitettävä.
- EISCAT-mittausaineiston analyysiä on kehitettävä ja tutkijoiden on saatava halua-mansa data nopeasti tutkimuksen käyttöön.

Asetin tutkijoiden palvelemisen ja koulutuksen keskeiselle sijalle. Tutkalaitteistojen ongelmien ratkaiseminen oli ollut pitkään ja hyvin ymmärrettävästi suurin ja tärkein toiminnan kohde. Alkuvuosien pioneerien epäitsekkäs työ mittausjärjestelmän kehittämiseksi ansaitsee suuren kiitoksen, sillä monet heistä olisivat halunneet päästä tekemään varsinaista ionosfääriin tutkimusta. Kun EISCAT-mittauksen data alkoi vuoden 1983 loppupuolella vastata tutkijoiden vaatimuksia, oli aika painottaa sitä tutkimusta, jota varten tutkat oli tarkoitettu. Tämä toive ja vaatimus tuli selvästi esille Akatemian kanssa käydyissä neuvotteluissa syksyllä 1984.

Koordinaattorin keskeisiin tehtäviin kuului alkuvuosina Ouluun sijoitetun EISCAT-datalaboratorion perustaminen ja sen kehittäminen. Piti rekrytoida osaavaa henkilökuntaa ja etsiä rahoitusta sekä palkkoihin että tietokonelaitteisiin. Tässä keskustelut Akatemian ja yliopiston kanssa tulivat tärkeiksi.

Yhteydenpitoa tutkijoihin piti myös kehittää. Aikaisemmin vuotuiset Observatoriopäivät olivat tärkeitä tiedotuksen kannalta. Observatoriopäiville osallistuivat käytännössä kaikki suomalaisen avaruustutkimuksen avainhenkilöt ja niiden merkitys koko alalle oli suuri 1970-80-luvuilla. Yhteydenpitoa tutkijoihin piti nyt tehostaa entisestään ja aloin koordinaattorina julkaista EISCAT-tiedotetta, joka ilmestyi pari kertaa vuodessa. Tämän lisäksi alettiin järjestää vuosittain EISCAT-tutkimusseminaareja, mikä toiminta jatkui 90-luvun puoleenväliin saakka.

Toimin EISCAT-tutkimusohjelman koordinaattorina vuoden 1998 loppuun saakka, jonka jälkeen tehtävä siirtyi Tuomo Nygrenille.

Suomen Akatemian halua vauhdittaa EISCAT-tutkimusta kuvastaa se, että se asetti työryhmän ohella arvovaltaisen seurantaryhmän hankkeelle. Sen puheenjohtajana toimi prof. Pentti Mälkki vv. 1984-88. Ilmeisesti SA oli tyytyväinen kehitykseen, koska vuoden 1988 jälkeen seurantaryhmää ei ole nimetty. SA:n kiinnostusta osoittaa myös se, että tuolloinen luonnontieteellisen toimikunnan jäsen, prof. Eino Siuruainen tuli kutsustani seuraamaan I. EISCAT-tutkimuseminaaria, joka järjestettiin Oulussa 10.-11.12.1984.

4. EISCAT-hankkeen rahoitus

Juhani Oksman on kertonut omassa historiikissaan EISCAT-järjestön ja -tutkien perusrahoituksen periaatteet, jotka päätettiin v. 1975. Samalla sovittiin vuotuisten toimintakulujen kattamisesta. Suomen osuudeksi tuli 5%. Toiminnan laajennuttua ja henkilökunnan lisääntyessä kulut ovat tietysti kasvaneet. Kun toimintamenot v. 1980 olivat noin 7 MSEK, niin jo v. 1985 ne olivat jo lähes 15 MSEK. Samalla henkilökunnan määrä ylitti 30. V. 1993, kun ESR-tutka oli jo työn alla, toimintamenot olivat 25 MSEK ja palkattuna oli 41 henkilöä. Tämän jälkeen vuosituhannen vaihteeseen asti kulut ovat pysyneet tällä tasolla. Järjestö on pitänyt kustannukset kurissa. Kun Japani liittyi EISCATiin v. 1996, Suomen osuus laski 4,65 %:iin.

Suomi osallistui ESR-tutkan perustamiskustannuksiin 8 miljoonalla markalla vv. 1993-96.

EISCAT on laskenut kaikki kontribuutiot järjestön alusta vuoden 2001 loppuun mennessä. Koko summa oli noin 746 MSEK eli noin 73 miljoonaa euroa. Suomen osuus oli 41 MSEK eli noin 4 miljoonaa euroa. Vuonna 2001 Suomi maksoi EISCATille noin 140.000 euroa, kun esim. v. 1990 summa oli 700.000 FIM, mikä vastaa nykyrahassa suunnilleen vuoden 2001 summaa.

EISCAT-järjestö on pyrkinyt avaamaan ovensa uusille jäsenmaille, osin tieteellisistä syistä, osin taloudellisista syistä johtuen. Jo suunnitteluvaiheessa Neuvostoliitto osoitti kiinnostuksensa liittyä järjestöön ja ajatuksena oli yhden tutka-aseman perustaminen Kuolan alueelle. EISCAT käytti paljon aikaansa vuosien kuluessa näihin neuvotteluihin, vaikka kaikki EISCATin piirissä eivät nähtävästi olleet kovin innostuneita. Loppujen lopuksi hanke ei ole edennyt toistaiseksi.. Venäläiset tutkijat ovat kuitenkin monin tavoin pääs-

seet mukaan EISCAT-tutkimuksiin mm. suomalaisten yhteistyökumppaneina. EISCAT on ollut aktiivisempi eräiden maiden suuntaan ja Aasian suurmahdit, Japani ja Kiina on saatu järjestön jäseniksi. Tämä on taannut merkittäväällä tavalla EISCAT-tutkimuksen jatkuvuuden. On myös tärkeää, että EISCAT voi myöntää mittausaikaa ns. kolmansille osapuolille hyvin perusteltuihin tutkimuksiin. Tätä toimintaa on rahoitettu viime vuosina mm. EU:n avulla. Mainittakoon lisäksi, että Venäjä, Ukraina ja Ranska, joka ei ole enää EISCAT-järjestön jäsen, ostavat tällä hetkellä EISCAT-tutkien mittausaikaa omiin tarkoituksiinsa.

Sodankylän EISCAT-aseman johtaja Markku Postila on arvioinut Sodankylän aseman kustannuksia vv. 1983-2002. Hänen mukaansa aseman kulut ovat olleet tuona aikana noin 6,5 miljoonaa euroa, joista henkilökuntamenoja on ollut noin 3,7 miljoonaa euroa. Tästä summasta merkittävä osa on palautunut valtiolle ja kunnalle veroina. Lisäksi Sodankylän EISCAT-asema on ostanut suomalaisilta yrityksiltä laitteita yms. yli 700.000 euron arvosta. EISCAT-hanke on ollut siten Suomelle erittäin edullinen taloudellisesti. Tämä osoittaa, miten tärkeää on kansainvälisissä yhteishankkeissa saada tutkimusyksiköitä omaan maahan.

Suomalaisia on työskennellyt myös muissa EISCATin tehtävissä niin, että EISCATin palveluksessa on ollut jatkuvasti 5-6 suomalaista, joinakin vuosina jopa lähes 10. Tauno Turunen toimi EISCATin apulaisjohtajana vv. 1984-87 ja johtajana vv. 1998-2002. Esa Turunen aloitti uutena EISCATin johtajana v. 2009.

Suomen Akatemia on rahoittanut suomalaista EISCAT-tutkimusohjelmaa monin tavoin. Vuonna 1984 sovittiin, että SA kustantaa tutkimuksen vaatimia matkoja. Tämän ns. koordinaatiomäärärahan turvin on sen jälkeen voitu osallistua moniin kokouksiin ja erityisesti on voitu maksaa mittauskampanjoiden kulut, jotka ovat voineet olla suuriakin. Vuonna 1984 sovittiin myös, että ATK- laitteiden yms. hankinnoista vastaavat laitokset, erityisesti Oulun yliopisto. SA myönsi kuitenkin v. 1985 laiterahaa noin 100.000 FIM, jolla käynnistettiin Oulun datalaboratorion hankinnat. Datalaboratorion toiminnan kannalta ehkä tärkein SA:n tuki on ollut datalaboratorion henkilökunnan palkkaamiseen tarkoitettu määräraha. Koordinaattori on tehnyt tämänkin hakemuksen vuosittain ja se on kulkenut nimellä "EISCAT Data-analyysi ja tutkimus". Tällä rahalla on palkattu 2-3 henkilöä datalaboratorion tehtäviin. Koordinaatiomääräraha ja datalaboratorion määräraha yhdistettiin yhdeksi määrärahaksi vuodesta 1995 alkaen.

Em. määrärahat ovat palvelleet koko suomalaista tutkijakuntaa. Niiden lisäksi SA on myöntänyt useita muita määrärahoja yksittäisten tutkijoiden hankkeisiin, joista suurin on ollut Markku Lehtisen tutkimussopimus ESR-tutkan mittauksen suunnittelun ja analyysiohjelman (GUISDAP) kehittämiseksi, josta osa sisällytettiin em. 8 miljoonan markan Suomen kontribuutioon ns. in-kind -osuutena. Myös vuodesta 1995 toiminut avaruusalan tutkijakoulu on rahoittanut EISCAT-tutkimusryhmiä. Lisäksi SA on myöntänyt useita henkilökohtaisia apurahoja.

Oulun yliopisto on rahoittanut datalaboratorion laitehankintoja ja muita kuluja vuodesta 1986 alkaen useana vuotena noin 100.000 markan määrärahalla. Merkittävä tuki on ollut myös yliopiston autojen käyttö mittauskampanjoiden yhteydessä. Myös muut laitokset, erityisesti SGO ja IL ovat tukeneet tutkijoidensa osallistumista EISCAT-tutkimukseen mm. laitehankinnoin. Lisäksi on huomattava, että useimmat EIS-

CAT-tutkimuksen piirissä olleista tutkijoista ovat saaneet palkkauksensa em. laitosten budjeteista.

Kansainvälisiä yhteyksiä on rahoitettu monista lähteistä: TT-komitea, INTAS, CIMO, NorFa, EU:n Marie Curie Training Programme jne. Mielenkiintoinen lisä saatiin EU:lta, kun se v. 2001 hyväksyi Lapissa toimivien tutkimusasemien yhteishankkeen LAPBIAT (Lapland Biosphere-Atmosphere Facility) osaksi ohjelmaan "Access to Major Research Infrastructure". Tämä kolmivuotinen rahoitus mahdollisti ulkomaisten tutkijoiden työkentelyn mm. EISCAT-ohjelmassamme. Hanketta koordinoi SGO ja se on saanut jatkorahoituksen toisellekin rahoituskaudelle vuodesta 2006 alkaen.

Markku Lehtinen teki v. 1999 tarjouksen Euroopan avaruusjärjestölle tutkimuksen tekemiseksi siitä, voidaanko EISCAT-tutkia käyttää avaruusromun kartoitukseen. Sopimus syntyi ja hanketta rahoitettiin vv. 2000-2002.

Antti Siivola toi esille v. 1993 mielenkiintoisen näkökulman liittyen ESR-tutkan rahoitukseen. Tuolloin elettiin lamavuotia ja monet kansainväliset hankkeet olivat vaikeuksissa. Kuitenkin EISCAT-yhteisö päätti aloittaa uuden suurhankkeen, ESR-tutkan rakentamisen. Siivolan mukaan tällä oli tärkeä symbolinen arvo: Haluttiin investoida tulevaisuuteen ja taata alan eurooppalaisen tutkimuksen jatkuvuus ja sen korkea kansainvälinen taso. Nyt vuonna 2010 olemme samanlaisessa tilanteessa: Koko maailma kärsii vaikeasta lamasta, mutta EISCAT EU:n tukemana suunnittelee uuden sukupolven tutkan rakentamista! On hienoa, että uuden sukupolven tutkijoilla on yhä sama palava innostus kuin EISCATin alkuvuosien pioneereilla oli aikanaan.

5. Koulutus

EISCAT-järjestö on sääntöjensä mukaan "Educational and scientific association" eli sen tehtäviin ja intresseihin kuuluu koulutuksen järjestäminen. Koska EISCAT on halunnut alusta alkaen olla sirontatutkimustusten ehdottomassa kärjessä ja hyödyntää parasta mahdollista tekniikkaa, EISCATin mittausjärjestelmä vaatii käyttäjiltään ja kehittäjiltään paljon. Tämä korkea vaatimustaso ja sen korostuminen saattoi alkuvaiheessa jopa vieroittaa sellaisia tutkijoita, jotka olivat kiinnostuneita ainoastaan ionosfäärin, ilmakehän tai magnetosfäärin tutkimuksesta.

EISCAT on pyrkinyt monin tavoin helpottamaan tutkijoiden mukaantuloa. Jo v. 1975 se kutsui jäsenmaiden tutkijoita kesäkouluun Tromssaan. Myöhemmin EISCAT on järjestänyt säännöllisesti parin vuoden välein EISCAT-työkokouksia (EISCAT Workshops), joihin on usein liitetty erityisesti nuorille tutkijoille tarkoitettuja koulutustilaisuuksia ja mm. uusien analyysimenetelmien kursseja. Työkokouksia on pidetty vuorotellen eri jäsenmaissa, Suomessa kaksi kertaa. EISCAT on myös tukenut erilaisten kesäkoulujen järjestämistä. Oman henkilökuntansa koulutuksen kannalta vuotuiset Annual Review Meetings ovat olleet avainasemassa. Suomalaiset tutkijat ovat osallistuneet aktiivisesti EISCATin järjestämiin koulutustilaisuuksiin esitelmöitsijöinä, luennoitsijoina ja oppilaina.

Kotimainen koulutus alkoi jo varhain vuotuisten geofysiikan observatoriopäivien yhteydessä. EISCAT oli jo 1970-luvulla näiden suomalaisten avaruustutkijoiden tapaamisten vakioaihe. Sitä käsiteltiin erityisen laajasti vuosien 1979-80 observatoriopäivillä Kevolla. Oulun yliopistossa on annettu aiheeseen liittyvää opetusta 80-luvulta alkaen. Kun tulin

projektin koordinaattoriksi, aloin järjestää vuosittaisia tutkimusseminaareja, joista ensimmäinen pidettiin v. 1984. Niitä jatkettiin 90-luvulla ja niissä käsiteltiin laajasti EISCAT-hankkeen aiheita tekniikasta tieteellisiin tuloksiin ja uusia mittauskampanjoita. Lisäksi järjestettiin useita data-analyysiin keskittyneitä tilaisuuksia, joissa opiskeltiin uusia menetelmiä. Näihin kokouksiin osallistui usein myös ulkomaalaisia tutkijoita. Observatoriopäivät ja tutkimusseminaarit loppuivat 90-luvun puolessavälin, kun muita tilaisuuksia, kesäkouluja ja tutkijakoulun tilaisuuksia tuli tilalle. Tapahtui myös eräänlainen sukupolvenvaihdos ja tavat ja tarpeet muuttuivat.

Tehokkainta koulutusta on tietysti ollut nuorien tutkijoiden osallistuminen mittauksiin. Laajojen mittauskampanjoiden yksityiskohtainen suunnittelu on sellaisenaan vaativa tehtävä puhumattakaan varsinaisten mittauksien koordinoinnista ja toteutuksesta. Suurimpiin kampanjoihin on osallistunut jopa lähes 20 henkilöä. Ensimmäinen laajamittainen kampanja järjestettiin 24.10.-2.11.1986.

Suomalaiset ovat järjestäneet kaksi EISCAT-työkokousta: v. 1991 ja v. 2007. Lisäksi vuosina 1993, 1995 ja 1997 järjestimme kansainvälisen kesäkoulun pohjoismaisella rahoituksella. Vuonna 2003 avaruusalan tutkijakoulun ohjelmaan kuului epäkoherentin sirronnan kurssi. Suomalaiset asiantuntijat ovat käyneet luennoimassa tutkamenetelmistä mm. Huippuvuorilla toimivassa UNIS-yliopistossa.

Tutkijamme ovat olleet aktiivisia myös EISCATin hallintaan siirtyneen Heating-laitteiston käytössä. Tilmann Bössingerin johdolla on järjestetty viisi tutkijatapaaamista joista ensimmäinen pidettiin Oulussa v. 1992. Ensimmäinen suomalainen Heating-koee tehtiin v. 1993.

Erilaisten koulutustilaisuuksien tuloksena on syntynyt arvokasta oppimateriaalia. Erityisesti on mainittava Tuomo Nygrenin kirjoittama oppikirja epäkoherentin sirronnan menetelmistä, joka valmistui v. 1996. Tämä oppikirja lienee ensimmäinen perusteellinen esitys aiheesta ja se on laajassa käytössä ulkomaillakin. Tuomo on kehittänyt kirjaansa edelleen.

Suomen Akatemia käynnisti tutkijakoulujärjestelmänsä 1990-luvun puolivälissä. Tämä avasi uusia mahdollisuuksia saada tohtoriopiskelijoita myös EISCAT-tutkimuksen pariin. Teimme hakemuksen yhdessä Helsingin yliopiston, Ilmatieteen laitoksen ja Turun yliopiston kanssa ja koulu "Graduate School in Solar-Terrestrial Physics" aloitti toimintansa 1.9.1995. Siinä oli alussa 9 koulutuspaikkaa. Opetusministeriön ja SA:n toivomuksesta koulua laajennettiin 1.1.1999 ja tähtitiede tuli toimintaan mukaan. Opiskelijapaikkoja saatiin nyt 14. Toimin koulun johtajana 31.1.2001 asti, jonka jälkeen tehtävät otti hoitaakseen Tuomo Nygren. Koulu on monipuolistanut avaruusalan koulutusta merkittävästi ja on lisännyt kotimaista yhteistoimintaa. Tutkijakouluun on valittu myös ulkomalaisia jatkokoulutettavia.

Toimiessani Sodankylän geofysiikan observatorion johtajana halusin lisätä tutkijakoulutettavien rekrytointia myös ulkomailta. Esa Turusen kanssa teimme hakemuksen EU:n rahoittaman ohjelman "Marie Curie Training Site: Investigations of the Near-Earth Space by Radio Methoda" aloittamiseksi Oulun yliopistossa. Tämä tutkijakouluhanke sai rahoituksen vuosille 2000-2003. Ulkomaisia nuoria tutkijoita on työskennellyt Suomessa monien muidenkin rahoittajien tukemana: Suomen ja N-liiton välinen TT-sopimus, monet INTAS-hankkeet, CIMOn kansainväliset vaihto-ohjelmat jne.

Jatkokoulutettavat ovat suorittaneet yhteensä 21 tohtorintutkintoa vuoteen 2010 mennessä (luettelo liitteenä).

6. EISCAT-mittaukset ja data-analyysi

Ensimmäiset EISCAT-mittaukset tehtiin v. 1981, mutta mittauksen laatu parani merkittävästi v. 1983. Mittaukset on jaettu kahteen ryhmään: CP(Common programmes)-kokeet ja SP(Special Programmes)-kokeet. EISCAT on hoitanut CP-mittaukset kaikkien yhteiseen käyttöön ja SP-kokeet ovat jäsenmaiden omia kokeita. Tämän lisäksi on ajoittain kerätty mittausaika jäsenmaiden yhteiseen pooliin joihinkin erityismittausjaksoihin liittyen. Tällaisia pooleja on muodostettu mm. Viking-, Freja- ja Cluster-satelliittien mittauksen aikana.

EISCAT-tutkilla on mitattu 2000-2500 tuntia vuodessa, joista puolet on yleensä käytetty CP-mittauksiin. Esimerkkinä otettakoon vuosi 1990, jolloin UHF-tutka mittasi kaikkiaan 2168 tuntia ja VHF-tutka 1058 tuntia. Tutkat mittasivat tuolloin 971 tuntia samanaikaisesti. CP-mittauksien osuus oli 950 tuntia ja SP-mittauksien 1345 tuntia. Kun ESR-tutkan mittaukset alkoivat varsinaisesti v. 1998, se on tuottanut lähes 2000 tuntia mittauksia vuosittain. Esimerkkinä mainittakoon, että v. 2001 UHF/VHF-tutkilla tehtiin CP-kokeita 1156 tuntia ja SP-kokeita 1188 tuntia. Huippuvuorten tutkalla saatiin CP-mittausdataa 1425 tuntia ja SP-mittausdataa 377 tuntia. Heating-laitteistoa on käytetty vuosittain noin 200 tuntia.

Suomen osuus mittausajasta on ollut 5% vuoteen 1996 saakka. ESR:n tultua käyttöön ja Japanin liityttyä järjestöön Suomen osuus on ollut 6%. EISCAT-järjestön muuttuessa kokoonpanoltaan v. 2007 Suomen osuudeksi tuli 12% kaikista SP-mittauksista. Suomalaiset tutkijat ovat käyttäneet jokseenkin tarkalleen kiintiönsä. On kuitenkin lisättävä, että muiden maiden tutkijat ovat käyttäneet suomalaisia kokeita ja tällöin yleensä data on ollut välittömästi myös suomalaisten käytettävissä.

Tutkien toiminnan ensimmäisinä vuosina 1981-82 käytettiin ymmärrettävästi yksinkertaisia kokeita, joita oli Tauno Turusen mukaan muokattu amerikkalaisista kokeista. EISCAT-tutkien uusia ominaisuuksia kuten monikanavaisuus ja ohjelmoitavuus ei hyödynnetty tehokkaasti. Tässä vaiheessa suomalaiset tutkijat, lähinnä Tauno Turunen, Markku Lehtinen ja Johan Silen lähtivät pohtimaan uuden sukupolven EISCAT-kokeita ja työ johti merkittäviin parannuksiin ja menetelmiin, jotka ovat edelleen EISCAT-tutkien käytössä.

Tauno Turunen saattoi jo vuoden 1983 alkupuolella raportoida, että ”mikä tahansa kuviteltavissa oleva järkevä sirontatutkamodulaatio on käsiteltävissä. Algoritmille on annettu nimi ”Universal Program” ja se poikkeaa perusteiltaan oleellisesti kaikista siitä, mikä on ollut aikaisempien algoritmien lähtökohtana. Tämä työ vapautti tutkijan ohjelmointimurheista.” Vuotta myöhemmin Turunen kertoi Geofysiikan observatoriopäivillä, että suomalaisten SP-kokeet 24.9.1983, 16.-18.11.1983 ja 13.-17.2.1984 olivat historiallisia: Osoitettiin, että EISCAT pystyy tekemään monikanavaisia pulssikoodimittauksia ja monikanavaisia Barker-koodattuja pulssikoodimittauksia. Taunon mukaan helmikuun kokeessa oli ensimmäisen kerran käytössä EISCATin koko arsenaali. Tauno Turunen raportoi kaiken oleellisen kehitystyön vuosilta 1983-85 artikkelissaan ”GEN-System - a new experimental philosophy for EISCAT radars”, J. Atm. Terr. Phys., 48, 777-785, 1986. Tämä ohjelmakirjasto oli avoin kaikille ja se muodosti perustan EISCATin CP-kokeille.

Seuraava merkittävä kehitysaskel oli ns. alternoivien koodien keksiminen. Tämä perustui Markku Lehtisen laajaan mittausten teorian tutkimukseen. Hän julkaisi tulokset väitöskirjassaan "Statistical theory of incoherent scatter radar measurements", Technical Note 86/46, 1986, Doctoral Thesis, University of Helsinki. Toinen tärkeä tutkimus oli Markku Lehtisen ja Ingemar Häggströmin julkaisu "A new modulation principle for incoherent scatter measurements", Radio Sci., 22, 625, 1987. Kuten alan suuri guru, Don Farley tunnusti, Markku Lehtinen joutui taistelemaan ajatustensa puolesta. Mutta vähitellen löytyi yhteinen kieli ja uusi ESR-tutka rakennettiin käyttämään näitä koodeja, jotka parantavat tutkan suorituskykyä vähintään kertoimella kaksi. Bengt Hultqvistin mukaan tämä innovaatio säästi kymmeniä miljoonia kruunuja ESR-tutkan rakentamisessa. Myös muut tutkat maailmalla ovat ottaneet käyttöönsä alternoivat koodit.

Mitatun datan analysointi on tietysti toinen keskeinen ongelma itse mittausten ohella. Tässäkin ilmeni hitautta ja aluksi käytettiin analyysimenetelmiä, joiden avulla datan sisältämää informaatiota ei saatu täysimittaisesti esille. Tauno Turunen totesi vielä v. 1988, että analyysimenetelmien perusratkaisut ovat noin 20-25 vuotta vanhoja, kun taas mittauksissa käytetään menetelmiä, joita 80-luvun alussa ei tiedetty olevan olemassakaan.

Tässäkin suomalainen tietotaito tuli apuun. Markku Lehtisen mittausten teorian sovelluksena syntyi EISCAT-datan analysointijärjestelmä, jolle annettiin komea nimi GUIDAP (Grand Unified Incoherent Scatter Data Analysis Package). Sitä kehitettiin osana Suomen kontribuutiota ESR-tutkaan ja se on nyt EISCATin virallinen analyysiohjelma. GUIDAPin innovatiivisuutta osoittaa mm. se, että Don Farley on todennut, että vaikka Millstone Hills ja Jicamarca ovat tehneet jotakin samanlaista omiin kokeisiinsa, niin GUIDAP on hänen mielestään täydellisempi.

Suomalaisten mittausten data-analyysia varten perustettiin v. 1984 EISCAT datalaboratorio. Se toimi samalla suomalaisten innovaatioiden koekenttänä. Laboratorion henkilökunta Asko Huuskonen, Päiviö Pollari ja Anita Aikio saivat nopeasti koneiston kuntoon ja EISCAT-tutkimusseminaarissa 11.-13.12.1985 voitiin kertoa, että kaikki siihen mennessä tehdyt suomalaiset kokeet on voitu analysoida. Datalaboratorion toiminnan nopeasta kehityksestä kertoo se, että aluksi saimme Christian Schlegeliltä hänen käyttämänsä analyysiohjelmiston, mutta parin vuoden kuluttua Asko Huuskonen kävi asentamassa Suomessa kehitetyt ohjelmat saksalaisten ja englantilaisten tutkijoiden koneisiin!

Melkein kaikkien suomalaisten EISCAT-kokeiden yhteydessä on tehty monia muita mittauksia. Tällaisten kampanjoiden ajaksi on sijoitettu mittauslaitteita tutkan lähialueille. Mittauksia on tehty revontulikameroilla, fotometreillä, magnetometreillä, VLF-vastaanottimilla jne. Eräiden kampanjoiden yhteydessä kaikki tämä mittaustoiminta on pyritty koordinoimaan myös satelliittiyli-ilentoihin. Tällöin on jouduttu todella vaati-vaan koordinointiin, koska monet parametrit on saatava tutkimuksen kannalta optimaaliksi.

1990-luvun alkuvuosina toteutettiin mielenkiintoinen mittausohjelma EISCAT-tutkilla. Saksalais-englantilais-suomalainen COSCAT-projekti sijoitti pienitehoisen lähettimen Ouluun ja EISCAT-antennit toimivat vastaanottimina tässä koherentin sironnan tutkimuksessa.

7. Tutkimus ja sen tuloksista

EISCAT-järjestön alkuperäisissä säännöissä järjestön tarkoitus määritellään seuraavasti: "The aim of the Association shall be to make significant progress in the understanding of physical processes in the high latitude upper atmosphere by means of experimental programmes". Tämän päivän EISCAT -ситеessä sanotaan asia seuraavasti: "EISCAT is established to conduct research on the lower, middle and upper atmosphere and ionosphere using the incoherent scatter radar technique. EISCAT is also being used as a coherent scatter radar for studying instabilities in the ionosphere, as well as for investigating the structure and dynamics of the middle atmosphere and as a diagnostic instrument in ionospheric modification experiments with the heating facility". Tämän lisäksi tutkia on käytetty passiivisiin mittauksiin mm. aurinkotuulen tutkimuksissa.

EISCAT-tutkia onkin käytetty mitä moninaisimpiin tutkimuksiin: Ionosfääri, ilmakehä, magnetosfääri, plamafysiikka, datamenetelmät, tutkatekniikka, passiiviset kokeet jne. EISCAT on vuosiraporteissaan pyrkinyt tuomaan esille tieteellisesti mielenkiintoisimmat tulokset ja EISCAT-työkokoukset ovat olleet tärkeitä tulosten julkistamisen ja tieteellisen keskustelun kannalta. Julkaisujen määrä alkoi voimakkaasti kasvaa v. 1984 ja 1990-luku oli tieteellisen toimeliaisuuden parasta aikaa., erityisesti vuosikymmenen loppupuoli. Julkaisujen määrä on vaikea tarkalleen määrittää, mutta EISCAT on laatinut tilaston, jonka mukaan 11.7.2006 mennessä on valmistunut 1705 julkaisua. Eniten julkaisuja on ilmestynyt v. 1996, 130 kpl. Näihin lukuihin on laskettu mukaan vain ne julkaisut, jotka ovat ilmestyneet refereekäytäntöä soveltavissa tieteellisissä lehdissä. On syytä mainita, että valtava määrä tuloksia on esitelty mm. kokousraporteissa.

Hyvin suuri osa julkaisuista on kansainvälisiä yhteistutkimuksia, mikä on osoitus jäsenmaiden tutkijoiden hyvästä yhteistyöstä. Suurin osa tutkimuksista perustuu SP-mittauksiin, kun taas CP-datan käyttö näyttää toistaiseksi selvästi vähäisemmältä. CP-data on tietysti parhaimmillaan tutkittaessa ionosfäärin pitkäaikaisvaihteluita, mutta EISCAT-järjestön kannattaisi selvittää tarkemmin CP-datan käytön laajuutta ja houkuttelevuutta tutkijoiden kannalta. Järjestön kannattaisi myös analysoida ns. data-poolien merkitystä ja hyödyllisyyttä. Yleissilmäys antaa vaikutelman, että esim. satelliittipoolien tieteellinen anti on ollut odotettua vähäisempi.

Suomalaisten tutkijoiden kiinnostuksen kohteina ovat olleet:

- Epäkoherenttiin sirontaan perustuvien tutkien menetelmien ja mittausten kehittäminen
- Sirontatutkaan liittyvä plasmafysiikallinen tutkimus
- Geofysiikan ilmiöiden tutkimus, jossa tutkat ovat pääinstrumentti
- Geofysiikan tutkimus, jossa tutkimittauksia käytetään muiden instrumenttien tukena
- Tutkien käyttö passiivisissa mittauksissa.

Ensimmäinen suomalainen EISCAT-aiheinen julkaisu on Hagforsin ja Lehtisen teoreettinen työ vuodelta 1981, joka käsitteli elektronilämpötilan määrittämistä plasmaviivan avulla tutkimittauksista. Suomalaisten julkaisujen määrä kasvoi sen jälkeen nopeasti ja v. 1989 julkaistiin refereekäytännössä 24 tutkimusta. Vuosi 1992 oli hiljainen vuosi johtuen osittain EISCAT-työkokouksen järjestelyjen aiheuttamasta työmäärästä, mutta sen jälkeen nousiin taas hyvälle tasolle ja eniten julkaisuja eli 27 kpl syntyi v. 1996. Sellaisten

julkaisujen määrä, joissa on ollut suomalaisia tutkijoita mukana, on ollut yleensä 10-20 % EISCATin kokonaisjulkaisumäärästä. V.1989 tuo prosenttiosuus oli jopa 30 %. Käytävissä olevien lukujen mukaan suomalaisten tutkijoiden työn jälki näkyy 11%:ssa kaikista EISCAT-julkaisuista vuoden 2009 loppuun mennessä. Suomalaiset tutkijat ovat siis hyödyntäneet tutkia hyvin aktiivisesti.

Edellä on jo mainittu monia suomalaisten tutkimustuloksia, jotka ovat olleet merkittäviä tutkan mittausten ja data-analyysin kehitystyön kannalta. Suomalaisten omissa mittauksissaan keräämä tieto-taito tuotiin avoimeen käyttöön, mm. CP-mittausten perustaksi. Tuomo Nygrenin mukaan tämä omaksuttu periaate on ollut tärkeä syy siihen, että suomalaiset ovat vakiinnuttaneet arvostetun asemansa EISCAT-yhteisössä

Geofysiikan tutkimukset ovat käsitelleet monipuolisesti erityisesti ionosfäärin ja revontulien fysiikkaa. Mielestäni muutamat sporadiseen E-kerrokseen liittyneet tutkimukset 1980-luvulla olivat hienoja ja kannustavia esimerkkejä EISCAT-tutkan mahdollisuuksista. Näiden mittausten ja teoreettisten tarkastelujen välityksellä suomalainen tutkimus sai arvostusta osakseen ja loi varmasti perustaa mm. kansainvälisille yhteistutkimuksille. Es-kerroksen mittaaminen 300 metrin resoluutiolla aivan tutkamittausten alkuvaiheessa oli erinomainen saavutus. Nämä työt jatkoivat onnistuneesti suomalaisten perinteisen aihepiirin tutkimusta.

Julkaisut, joissa suomalaisia tutkijoita on ollut mukana, luetellaan Liitteessä 2. Lista ulottuu vuoden 2010 alkuun saakka. Ensimmäisten vuosien aikana tutkimus keskittyi ionosfääritutkimukseen ja menetelmien kehittämiseen, mutta 1990-luvun puolestavälistä alkaen EISCAT-mittausten käyttö magnetosfääritutkimuksessa lisääntyi selvästi. Vaikka monet työt voidaan luokitella vähintään kahteen kategoriaan, niin karkean arvion mukaan tutkien toiminta-aikana tähän päivään mennessä 45% suomalaisista julkaisuista voidaan laskea kuuluviksi magnetosfäärifysiikan alueeseen eli tutkimuksen pääkohteena ovat olleet magnetosfäärin ilmiöt, 33% kuuluu puhtaasti ionosfäärifysiikan piiriin ja 19% menetelmien kehittämiseen. Loput 3% julkaisuista esittelevät passiivisten kokeiden tuloksia.

Tutkimus on johtanut myös sovelluksiin. Sirontatutkamenetelmien kehitystyössä saatuja tietoja ja taitoja on käytetty hyväksi mm. joenpohjakaikuluotaimen ja säätutkan kehittämiseen.

Suomalaiseen avaruustutkimukseen on hakeutunut hämmästyttävän paljon loistavia tutkijoita. Heitä on riittänyt myös EISCAT-tutkimuksen tehtäviin. Useita kymmeniä suomalaisia esiintyy EISCAT-julkaisujen tekijäluetteloissa. Useimmat ovat käyttäneet EISCAT-mittauksia täydentämään muita mittauksia. Voidaan sanoa, että lähes kaikki suomalaiset magnetosfääri- ja ionosfääritutkijat ovat tavalla tai toisella hyödyntäneet tutkimuksissaan EISCAT-mittauksia.

Suomalainen EISCAT-tutkimus on arvioitu moneen kertaan erilaisten hakuprosessien yhteydessä. Suomen avaruustutkimus arvioitiin v. 1994 ja arviointiryhmän puheenjohtaja oli professori David Southwood. Arviointiryhmä totesi mm. seuraavaa suomalaisesta EISCAT-tutkimuksesta loppuraportissaan:

”It is internationally recognised that the Finns are a nation that has very effectively exploited their involvement in this international facility. The Oulu Group is responsible for the national EISCAT data base and they have also organised various courses, semi-

nars and summer schools as well as a national newsletter. The EISCAT work has been the basis for an expanding network of collaborations with institutes and universities in other countries. It is not easy to separate the attribution of the final scientific return in EISCAT work between Oulu and Sodankylä so close is the collaboration; work is ongoing in non-thermal plasmas in the F-region, E-region dynamics, auroral irregularities, polar mesospheric echoes, fast auroral variations and basic principles of incoherent scatter radar experiments where Finland has made unique contributions...”

”The SGO, a central element of Finland’s EISCAT program, has become the leading organisation in EISCAT for the development of software, methods of experiment design, and data analysis techniques. In cooperation with the University of Oulu and FMI/GEO, SGO is performing a similar role for the EISCAT Svalbard radar in the development of the GUIDAP software.”

Oulun yliopisto valitsi vuosiksi 1997-99 yliopiston sisäiset huippuyksiköt. Yksi valituista oli Fysiikan laitoksen avaruustutkimusryhmän ja SGO:n yhteinen tutkimusryhmä eli käytännössä Oulun Avaruusinstituutti. Tutkimusohjelman nimi oli ”Avaruustutkimus polaarialueella: EISCAT-, satelliitti- ja maanpintaohjelmat”. Ohjelman vahvuudet eivät riittäneet myöhemmin Suomen Akatemian huippuyksikköjen valinnassa.

8. Epilogi

Työskentelin EISCAT-hankkeen monissa tehtävissä noin 20 vuoden ajan. Vaikka sain olla mukana monissa mielenkiintoisissa tiedeprojekteissakin, pidän kuitenkin itseäni pääasiassa toiminnan tukijana, vauhdittajana ja rahoituksen hankkijana sekä jonkinlaisena peräänkatsojana ja raporttoijana Akatemian suuntaan. Rohkenen tähän loppuun kirjata muutamia yleisnäkemyksiä ja kokemuksiani noilta mielenkiintoisilta ja työntäyteisiltä vuosilta.

Ei liene epäilystäkään, etteikö EISCAT-järjestö ja sen tutkajärjestelmä olisi suuri menestys. Mittausjärjestelmä on ainutlaatuinen ja sitä on jatkuvasti kehitetty. EISCAT on saavuttanut johtavan aseman alallaan. Suomalaisten rooli EISCATin kehittämisessä nykyiselle tasolle on tunnustettu ja suomalaiset tutkijat ovat hyödyntäneet tutkia kiittävästi. Suomen Akademia voinee olla tyytyväinen rahoittamaansa hankkeeseen. Tutkijamme voivat olla kiitollisia Akatemialle, joka on taannut tutkimuksen jatkuvuuden jo 35 vuoden ajan.

On annettava suuri arvo niiden pioneerien työlle, jotka ennakkoluulottomasti lähtivät perustamaan EISCAT-järjestöä. Toisekseen erityinen kiitos on osoitettava EISCATin osaavalle ja innostuneelle henkilökunnalle, joka on selviytynyt kiitettävästi monista vaikeistakin teknisistä ongelmista.

EISCAT-toiminnan hallinnointi saattaa tuntua monesta kovin monimutkaiselta ja raskaalta. Mutta luultavasti tällainen järjestelmä tarvitaan suuressa kansainvälisessä hankkeessa. Päättävät elimet ovat kokoontuneet niin usein, että päätösten toteuttajat ovat voineet jatkaa työtään kohtuullisen sujuvasti ja EISCATin johtajalla on ollut käsittääkseni riittävästi liikkumavaraa. Suomen sisäisessä toiminnassa on ollut hyvä, että mahdollisimman moni tutkimusyksikkö on ollut mukana kansallisessa päätöksenteossa pyrittäessä lisäämään potentiaalisten tutkijoiden määrää. Jonkinlainen ongelma ainakin alkuvuosina oli

se, että hankkeen määräraahakemukset Akatemialle piti tehdä joka vuosi. Asia korjaantui vuodesta 1995 alkaen. Muutenkin koordinaattorin paperien pyörittely oli ajoittain aika massiivista.

EISCAT-tutkajärjestelmä on hyvä esimerkki vaativasta hankkeesta, jonka toteuttamisessa on tarvittu laajaa yhteistyötä. Monenlaista asiantuntemusta on kuitenkin löytynyt. Kun arvioidaan varsinaista tutkimusta, niin sen onnistuminen on riippunut yksittäisten tutkijoiden ja pienten ryhmien osaamisesta. Tutkimus on keskittynyt omiin ja omaperäisiin kokeisiin eivätkä vakimuotoisina toistuvat CP-kokeet ole vetäneet tutkijoita puoleensa samalla tavalla. Myös monet laajat yhteishankkeet, joihin on kerätty runsaastikin jäsenmaiden mittausaika, ovat jääneet tuloksiltaan odotettua vähäisemmiksi. Suurella ryhmällä on hitautta. Hyvänä esimerkkinä voidaan muistella alkuvuosina esitettyä ja laajasti kannatettua ideaa julkaista ns. "EISCATin ensimmäiset tulokset" jäsenmaiden yhteisinä julkaisuina. Tietääkseni yhtäkään tällaista julkaisua ei ole syntynyt, vaan tutkijat suuntasivat kiinnostuksensa omiin kokeisiinsa heti, kun tutkat alkoivat tuottaa luotettavaa dataa.

Suomalaisen EISCAT-hankkeen osalta on nostettava esille muutamia henkilöitä, jotka ovat olleet ratkaisevan tärkeitä. "Teekkarit" Martti Tiuri ja Juhani Oksman lähtivät rohkeasti mukaan hankkeen valmisteluun ja saivat päättäjät vakuuttuneiksi hankkeen hyödyllisyydestä. Oli varmaan hyvä, että EISCATin Councilissa Suomea edustivat alkuvaiheessa EISCAT-tiedeyhteisön ulkopuoliset henkilöt eli Antti Siivola ja Osmo Ranta. Heidän välityksellään hanke tuli laajasti tunnetuksi ja he saattoivat arvioida sitä kokeneen hallintomiehen silmin ilman omia intressejä.

Varsinaisen EISCAT-tutkimuksen käynnistyttyä 1980-luvun alussa kolme henkilöä olivat kantavia voimia, kun suomalainen tutkimus lähti nousuun. Tauno Turunen, Markku Lehminen ja Tuomo Nygren muodostivat onnistuneen työryhmän ja he saivat paljon arvokasta ja kestävästä aikaan. He saivat hyvän lähdön myös siksi, että he olivat läheisessä yhteistyössä Juhani Oksmanin kanssa EISCATin alkuvuosista alkaen. Heidän ohellaan pitää mainita Asko Huuskonen, joka teki hienoa työtä saadakseen analysointimenetelmät toimiviksi. Kari Suvanto teki arvostettua tutkimusta Englannissa liittyen sirontatutkimenetelmän plasmafysiikkaan. Oli valitettavaa, että hän siirtyi varhain tutkimuksen parista opetustehtäviin.

Tilman Bössinger ja Esa Turunen ottivat paljon vastuuta Heating-järjestelmän käytöstä ja toimivat myös koko EISCAT-yhteisön hyväksi. Unohtaa ei sovi niitä monia henkilöitä, jotka ovat hoitaneet laajojen mittauskampanjoiden järjestelyt: Jyrki Manninen, Esa Turunen, Tilman Bössinger ja Kari Kaila. Pitkän ja arvostetun työn Oulun datalaboratoriossa on tehnyt Ritva Kuula, joka on analysoinut monenlaisia dataja tutkijoiden käyttöön.

Suomalaiset ovat saaneet arvostetun aseman myös EISCAT-järjestön työntekijöinä. Tauno Turusen ura järjestön johdossa huipentui siihen, että hänelle myönnettiin Beynon-mitali tunnustuksena merkittävästä työstään EISCATin hyväksi. Tauno lienee monipuolisin EISCAT-asiantuntija. Esa Turunen jatkaa Taunon jalanjäljissä EISCATin johtajana. Kaikki EISCAT-aseilla toimineet suomalaiset ovat olleet luotettavia ja osaavia työntekijöitä ja saaneet jopa legendaarisen maineen. Erikoismaininta on osoitettava Tarmo Mustoselle, jonka pitkä ura SGO:n ionosfääriasemalla ja EISCAT-aseamalla on ainutlaatuisen komea saavutus.

Suurin ilonaihe lienee kuitenkin se, että uusi sukupolvi on innolla ottamassa vastuun EISCATista. Oulussa järjestettiin v. 2003 kokous ”Finnish EISCAT Future Workshop”, johon osallistui kolmisenkymmentä tutkijaa. Ilmapiiri oli innostunut ja OY:n, SGO:n ja IL:n konsortio on sittemmin laatinut yhteisen EISCAT-tutkimuksen kokonaissuunnitelman Akatemian rahoitettavaksi. Uudet ja kunnianhimoiset suunnitelmat ovat edessä ja tekijöitä näyttää riittävän, vaikka avaruustutkimuksen alkuvuosikymmenien sädekehä lie-neekin haalistumassa. Tavoitteet onkin nyt asetettava korkealle. On hienoa, että Suomen Akatemia luottaa edelleen suomalaisten tutkijoiden kykyyn toimia arvostettuna osapuolena EISCAT-järjestössä.

Liite I: Suomalaiset EISCAT-aiheiset väitöskirjat vv. 1981-2010

Markku Lehtinen: Statistical theory of incoherent scatter measurements, University of Helsinki, 1986.

Asko Huuskonen: High resolution studies of the lower E-region using the incoherent scatter method, University of Oulu, 1988.

Tapani Pikkarainen: Characteristics, sources and generation mechanisms of type IPDP magnetic pulsations, University of Oulu, 1989.

Kari Suvanto: Non-Maxwellian ion velocity distribution in the ionospheric F-region, Imperial College, London, 1989.

Matti Vallinkoski: Error analysis of incoherent scatter radar measurements, University of Helsinki, 1989.

Kari Kaila: The energy and energy distribution of auroral electrons, University of Oulu, 1990.

Esa Turunen: High-latitude D-region studies by incoherent scatter radar measurements, University of Oulu, 1993.

Anita Aikio: Studies on the electrodynamics of the auroral oval, University of Oulu, 1995.

Päiviö Pollari: Development of incoherent scatter modulation and data analysis methods, University of Oulu, 1996.

Kirsti Kauristie: Arc and oval scale studies of auroral precipitation and electrojets during magnetospheric substorms, University of Helsinki, 1997.

Thomas Ulich: Solar variability and long-term trends in the ionosphere, University of Oulu, 2000.

Raine Kerttula: Ground-based studies of Pc I pulsations, University of Oulu, 2001.

Alexander Kozlovsky: Structure and dynamics of the magnetosphere inferred from radar and optical observations at high latitudes, University of Oulu, 2003.

Baylie Dantie: New incoherent scatter radar measurement techniques and data analysis methods, University of Oulu, 2004.

Noora Partamies: Meso-scale auroral physics from ground-based observations, University of Helsinki, 2004.

Mirela Voiculescu: IMF effects on sporadic-E layers and F region trough, University of Oulu, 2006.

Pekka Verronen: Ionosphere-atmosphere interaction during solar proton events, University of Helsinki, 2006.

Annika Seppälä: Observations of production and transport of NO_x formed by energetic particle precipitation in the polar night atmosphere, University of Helsinki, 2007.

Heikki Vanhamäki: Theoretical modelling of ionospheric electrodynamics including induction effects, Helsingin Yliopisto, 2007.

Kero, A., Ionospheric D-region studies by means of active heating experiments and modelling, Ph.D. Thesis, University of Oulu, Sodankylä Geophysical Observatory Publications, 102, 2008.

Virtanen, Ilkka: Multi-purpose methods for ionospheric radar measurements, PhD thesis, Report series in Physical Sciences, 59, University of Oulu, 2009.

Liite 2: Suomalaiset EISCAT-aiheiset julkaisut vv. 1981-2010

Hagfors, T. and M. Lehtinen, Electron temperature derived from incoherent scatter radar observations of the plasma line frequency, *Journal of geophysical Research*, 86, 119-124, 1981.

Hagfors, T., W. Kofman, H. Kopka, P. Stubbe and T. Äijänen, Observations of enhanced plasma lines by EISCAT during heating experiments, *Radio Sci.*, 18, 861-866, 1983.

Hagfors, T., and J. Silen, Measurement of electric fields in the ionosphere by incoherent scatter radar techniques, *Advances in Space Research*, 2, 7, [IN9-IN10](#), 1982.

Hagfors, T., W. Kofman, H. Kopka, P. Stubbe and T. Äijänen, Observations of enhanced plasma lines by EISCAT during heating experiments, *Radio Sci.*, 18, 861-866, 1983

Turunen, T. and J. Silén, Modulation patterns for the EISCAT incoherent scatter radar, *J. atmos. terr. Phys.*, 46, 593-599, 1984.

Bourgois, G., W.A. Coles, G. Daigne, J. Silen, T. Turunen and P.J.S. Williams, Measurements of the solar wind velocity with EISCAT, *Astron. Astrophys.*, 144, 452-462, 1985.

Ranta, A., H. Ranta, T. Turunen, J. Silén and P. Stauning, High resolution observations of D-region by EISCAT and their comparison to riometer measurements, *Planet. Space Sci.*, 33, 583-589, 1985.

Turunen, T., J. Silén, T. Nygrén and L. Jalonen, Observations of a thin Es-layer by the EISCAT radar, *Planet. Space Sci.*, 33, 1407-1416, 1985.

Huuskonen, A., T. Nygrén, L. Jalonen T. Turunen and J. Silen, High resolution EISCAT observations of the ion-neutral collision frequency in the lower E-region. *J. atmos. terr. Phys.*, 48, 827-836, 1986.

Lehtinen, M.S. and A. Huuskonen, The use of multipulse zero lag data to improve incoherent scatter radar power profile accuracy, *J. atmos. terr. Phys.*, 48, 787-793, 1986.

Turunen, T., GEN-SYSTEM a new experimental philosophy for EISCAT radars, *J. atmos. terr. Phys.*, 48, 777-785, 1986.

Uspensky, M.V., M.K. Vallinkoski and T. Turunen, The possibility of the formation of double-peak height profile of auroral backscattering, *Geomagn. Aeron.*, 26, 499-501, 1986.

Collis, P.N. and T. Turunen, Horizontal extent and vertical motions of a mid-latitude sporadic E-layer observed by EISCAT, *Physica Scripta*, 35, 883-886, 1987.

Hargreaves, J.K., H. Ranta, A. Ranta, E. Turunen and T. Turunen, Observations of the polar cap absorption event of February 1984 by the EISCAT Incoherent Scatter Radar, *Planet. Space Sci.*, 35, 947-958, 1987.

Huuskonen, A., J. Kangas and T. Turunen, EISCAT as a radar for auroral research - a case study, *Geophysica*, 23, 35-46, 1987.

Lehtinen, M.S. and I. Häggström, A new modulation principle for incoherent scatter measurements, *Radio Sci.*, 22, 625-634, 1987.

Nygrén, T., L. Jalonen and A. Huuskonen, A new method of measuring the ion-neutral collision frequency using incoherent scatter radar, *Planet. Space Sci.*, 35, 337-343, 1987.

Suvanto, K., Auroral F-region ion velocity distributions in the presence of large flows and electrostatic waves, *Planet. Space Sci.*, 35, 1429-1435, 1987.

Collis, P.N., T. Turunen and E. Turunen, Evidence of heavy positive ions at the summer arctic mesopause from the EISCAT UHF incoherent scatter radar, *Geophys. Res. Lett.*, 15, 148-151, 1988.

Farmer, A.D., M. Lockwood, T.J. Fuller-Rowell, K. Suvanto and U.P. Løvhaug, Model predictions of the occurrence of non-Maxwellian plasmas, and analysis of their effects on EISCAT data, *J. atmos. terr. Phys.*, 50, 487-499, 1988.

Huuskonen, A., P. Pollari, T. Nygrén and M.S. Lehtinen, Range ambiguity effects in Barker-coded multipulse experiments with incoherent scatter radars, *J. atmos. terr. Phys.*, 50, 265-276, 1988.

Huuskonen, A., T. Nygrén, L. Jalonen, N. Bjørnå, T.L. Hansen, A. Brekke and T. Turunen, Ion composition in sporadic E layers measured by the EISCAT UHF radar, *J. geophys. Res.*, 93 (A12), 14, 603-14,610, 1988.

Kangas, J., A. Aikio and T. Pikkarainen, Radar electric field measurement during an IPDP plasma wave event, *Planet. Space Sci.*, 36, 1103-1109, 1988.

Lockwood, M., K. Suvanto, J.-P. St.-Maurice, K. Kikuchi, B.J.I. Bromage, D.M. Willis, S.R. Crothers, H. Todd and S.W.H. Cowley, Scattered power from non-thermal, F-region plasma observed by EISCAT - evidence for coherent echoes?, *J. atmos. terr. Phys.*, 50, 467-485, 1988.

Nielsen, E., M. Uspensky, A. Kustov, A. Huuskonen and J. Kangas, On the dependence of the Farley-Buneman turbulence level on ionospheric electric field, *J. atmos. terr. Phys.*, 50, 601-605, 1988.

Richmond, A.D., Y. Kamide, B.-H. Ahn, S.-I. Akasofu, D. Alcaydé, M. Blanc, O. de la Beaujardière, D.S. Evans, J.C. Foster, E. Friis-Christensen, T.J. Fuller-Rowell, J.M. Holt, D. Knipp, H.W. Kroehl, R.P. Lepping, R.J. Pellinen, C. Senior and A.N. Zaitzev, Mapping electrodynamic features of the high-latitude ionosphere from localized observations: combined incoherent-scatter radar and magnetometer measurements for January 18-19, 1984, *J. geophys. Res.*, 93 (A6), 5760-5776, 1988.

Rishbeth, H., A.P. van Eyken, B.S. Lanchester, T. Turunen, J. Röttger, C. Hall and U.-P. Hoppe, EISCAT VHF radar observations of periodic mesopause echoes, *Planet. Space Sci.*, 36, 423-428, 1988.

Suvanto, K., Incoherent scattering of radar waves from non-thermal F-region plasma: Analytical methods of spectrum synthesis, *Radio Sci.*, 23, 989-996, 1988.

Turunen, T., T. Nygrén, A. Huuskonen and L. Jalonen, Incoherent scatter studies of sporadic-E using 300 m resolution, *J. atmos. terr. Phys.*, 50, 277-287, 1988.

Turunen, E., P.N. Collis and T. Turunen, Incoherent scatter spectral measurements of the summertime high-latitude D-region with the EISCAT UHF radar, *J. atmos. terr. Phys.*, 50, 289-299, 1988.

Uspensky, M.V., A.V. Kustov, E. Nielsen, A. Huuskonen and J. Kangas, Estimates of electron density in the auroral E region based on STARE data, *Geomagn. Aeron.*, 28, 589-591, 1988.

Vallinkoski, M., Statistics of incoherent scatter multiparameter fits, *J. atmos. terr. Phys.*, 50, 839-851, 1988.

Foster, J.C., T. Turunen, P. Pollari, H. Kohl and V.B. Wickwar, Multi-radar mapping of auroral convection, *Adv. Space Res.*, 9 (5), 19-27, 1989.

Huuskonen, A., High resolution observations of the collision frequency and temperatures with the EISCAT UHF radar, *Planet. Space Sci.*, 37, 211-221, 1989.

Kaila, K.U. and R.A. Rasinkangas, Co-ordinated photometer and incoherent scatter radar measurements of pulsating arcs with high time resolution, *Planet. Space Sci.*, 37, 545-553, 1989.

Kaila, K., R. Rasinkangas, P. Pollari, R. Kuula, J. Kangas, T. Turunen and T. Bösinger, High resolution measurements of pulsating aurora by EISCAT, optical instruments and pulsation magnetometers, *Adv. Space Res.*, 9 (5), 53-56, 1989.

Kustov, A., M. Uspensky, J. Kangas, A. Huuskonen and E. Nielsen, On the threshold electric field for ~ 1 -m auroral irregularity appearance, *J. geophys. Res.*, 94 (A9), 12043-12048, 1989.

Lanchester, B.S., H. Rishbeth, T. Nygrén, L. Jalonen and T. Turunen, Wave activity, F1-layer disturbance and a sporadic E-layer over EISCAT, *J. atmos. terr. Phys.*, 51, 179-196, 1989.

Lehtinen, M.S., On optimization of incoherent scatter measurements, *Adv. Space Res.*, 9 (5), 133-141, 1989.

Lockwood, M., K. Suvanto, K.J. Winsor, S.W.H. Cowley and D.M. Willis, Incoherent scatter radar observations of non-Maxwellian ion velocity distributions in the auroral F-region, *Adv. Space Res.*, 9 (5), 113-118, 1989.

Nygrén, T., Studies of sporadic E-layer using the EISCAT incoherent scatter radar, *Adv. Space Res.*, 9 (5), 73-81, 1989.

Nygrén, T., B.S. Lanchester, L. Jalonen and A. Huuskonen, A method for determining ion-neutral collision frequency using radar measurements of ion velocity in two directions, *Planet. Space Sci.*, 37, 493-502, 1989.

Pollari, P., A. Huuskonen, E. Turunen and T. Turunen, Range ambiguity effects in a phase coded D-region incoherent scatter radar experiment, *J. atmos. terr. Phys.*, 51, 937-945, 1989.

Rasinkangas, R.A., K.U. Kaila and T. Turunen, Comparison of the lower border of aurorae determined by two optical emission ratio models, *Planet. Space Sci.*, 37, 1117-1126, 1989.

Shumilov, O.I., T. Tsirs, H. Ranta, A. Ranta, E. Turunen, The structure of morning auroral absorption on the data of riometers and IS radars, *Geomagnetism and Aeronomy*, XXIX, 445-447 (in English), 500-503 (in Russian) 1989.

Suvanto K. Non-Maxwellian ion velocity distributions in the ionospheric F-region London, PhD. Thesis, 1989.

Suvanto, K., Ion cyclotron microinstability driven by non-thermal F-region plasma, *Planet. Space Sci.*, 37, 1-4, 1989.

Suvanto, K., M. Lockwood and T.J. Fuller-Rowell, The influence of anisotropic F-region ion velocity distributions on ionospheric ion outflows into the magnetosphere, *J. geophys. Res.*, 94 (A2), 1347-1358, 1989.

Suvanto, K., M. Lockwood, K.J. Winser, A.D. Farmer and B.J.I. Bromage, Analysis of incoherent scatter spectra from non-Maxwellian plasma, *Adv. Space Res.*, 9 (A5), 103-106, 1989.

Suvanto, K., M. Lockwood, K.J. Winser, A.D. Farmer and B.J.I. Bromage, Analysis of incoherent scatter radar data from non-thermal F-region plasma, *J. atmos. terr. Phys.*, 51, 483-495, 1989.

Uspensky, M.V., A.V. Kustov, P.J.S. Williams, A. Huuskonen, J. Kangas and E. Nielsen, Effect of unresolved electrojet microstructure on measurements of irregularity drift velocity in auroral radar backscatter, *Adv. Space Res.*, 9 (5), 119-122, 1989.

Winser, K.J., M. Lockwood, G.O.L. Jones and K. Suvanto, Observations of nonthermal plasmas at different aspect angles, *J. geophys. Res.*, 94 (A2), 1439-1449, 1989.

Winser, K.J., M. Lockwood, G.O.L. Jones and K. Suvanto, Radar observations of non-thermal plasmas at different aspect angles, *Adv. Space Res.*, 9 (5), 107-112, 1989.

Huuskonen, A. and T. Turunen, Observations of D- and E-region stratifications with incoherent scatter radar, *Adv. Space Res.*, 10 (10), 93-100, 1990.

Kustov, A., M. Uspensky, A. Huuskonen, J. Kangas, E. Nielsen and B. Fejer, Altitudinal signal collection and the auroral radar backscatter irregularity velocity, *Geomagn. and Aeron.*, 30, 457-482, 1990.

Nygrén, T., Vertical plasma transport due to electric fields and neutral winds in the auroral ionosphere, *Adv. Space Res.*, 10 (6), 297-305, 1990.

Nygrén, T., B.S. Lanchester, A. Huuskonen, L. Jalonen, T. Turunen, H. Rishbeth and A.P. van Eyken, Interference of tidal and gravity waves in the ionosphere and an associated sporadic E layer, *J. atmos. terr. Phys.*, 52, 609-623, 1990.

Pellinen, R.J., H.E.J. Koskinen, T.I. Pulkkinen, J.S. Murphree, G. Rostoker and H.J. Opge-noorth, Satellite and ground-based observations of a fading transpolar arc, *J. geophys. Res.*, 95 (A5), 5817-5824, 1990.

Richmond, A.D., Y. Kamide, S.-I. Akasofu, D. Alcaydé, M. Blanc, O. de la Beaujardière, D.S. Evans, J.C. Foster, E. Friis-Christensen, J.M. Holt, R.J. Pellinen, C. Senior and A.N. Zaitzev, Global measures of ionospheric electrodynamic activity inferred from combined incoherent scatter radar and ground magnetometer observations, *J. geophys. Res.*, 95 (A2), 1061-1071, 1990.

Schlegel, K., T. Turunen and D.R. Moorcroft, Auroral radar measurements at 16cm wavelength with high range and time resolution, *J. geophys. Res.*, 95 (A11), 19,001-19,009, 1990.

Suvanto, K., On the analysis of incoherent scatter radar data from non-thermal ionospheric plasma: effects of measurement noise and an inexact theory, *Planet. Space Sci.*, 38, 7, 903-912, 1990.

Suvanto, K., Microinstabilities driven by non-thermal plasma in the high-latitude F-region, *Adv. Space Res.*, 10 (6), 149-152, 1990.

Vlaskov V.A., A.P. Osepian, T.V. Tshurikova, E. Turunen, The electron density in auroral zone: The experiment and the model, *Geomagnetism and Aeronomy*, XXX, 143-146, (in Russian) 1990.

Vallinkoski, M. and M.S. Lehtinen, Parameter mixing errors within a measuring volume with applications to incoherent scatter, *J. atmos. terr. Phys.*, 52, 665-674, 1990.

Vallinkoski, M. and M.S. Lehtinen, The effects of a priori knowledge on parameter estimation errors with applications to incoherent scatter, *J. atmos. terr. Phys.*, 52, 675-685, 1990.

Burns, C.J., E. Turunen, H. Matveinen, H. Ranta and J.K. Hargreaves, Chemical modelling of the quiet summer D- and E-regions using EISCAT electron density profiles, *J. atmos. terr. Phys.*, 53, 115-134, 1991.

Coles, W. A., R. Esser, U. P. Løvhaug and J. Markannen, Comparison of solar wind velocity measurements with a theoretical acceleration model, *J. Geophys. Res.*, 96, 13849-13859, 1991.

Collis, P.N., I. Häggström, K. Kaila and M.T. Rietveld, EISCAT radar observations of enhanced incoherent scatter spectra; their relation to red aurora and field-aligned currents, *Geophys. Res. Lett.*, 18, 1031-1034, 1991.

Hansen G., U-P. Hoppe, E. Turunen, P. Pollari, Comparison of Observed and Calculated Incoherent Scatter Spectra from the D-region, *Radio Sci*, 26, 5, 1153-1164, 1991.

Huuskonen, A., T.S. Viridi, G.O.L. Jones and P.J.S. Williams, Observations of day-to-day variability in the meridional semi-diurnal tide at 70 N, *Ann. Geophysicae*, 9, 407-415, 1991.

Lanchester, B. S., T. Nygren, A. Huuskonen, T. Turunen and M. J. Jarvis, Sporadic-E as a tracer for atmospheric waves, *Planet Space Sci.*, 39, 1421-1434, 1991.

McCrea, I.W., K. Schlegel, T. Nygrén and T.B. Jones, COSCAT, a new auroral radar facility on 930 MHz - System description and first results, *Ann. Geophysicae*, 9, 461-469, 1991.

Vallinkoski, M. and M. Lehtinen, Parameter mixing errors in statistical inversion theory with applications to incoherent scatter error estimates, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 52, 665-674, 1991.

Vallinkoski, M. and M. Lehtinen, Behaviour of parameter estimation errors in linear statistical inversion theory with applications to incoherent scatter error estimates, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 52, 675-685, 1991.

Nygrén, T., K.U. Kaila, A. Huuskonen and T. Turunen, Determination of E region effective recombination coefficient using impulsive precipitation events, *Geophys. Res. Lett.*, 19, 445-448, 1992.

Nygrén, T., A. Huuskonen, B.S. Lanchester and H. Rishbeth, Observations of tides and gravity waves in the lower thermosphere at 70° N., *Adv. Space Res.*, 12, (10)107-(10)110, 1992.

Aikio, A.T., H.J. Opgenoorth, M.A.L. Persson and K.U. Kaila, Ground-based measurements of an arc-associated electric field, *J. atmos. terr. Phys.* 55, 797-808, 1993.

Chernyakov, S.M., E.D. Tereshchenko, B.E. Brunelli and T. Nygrén, Comparison of ionospheric total electron content measured using the difference Doppler and incoherent scatter methods, *Ann. Geophys.* 11, 10-16, 1993.

Kaila, K.U., R. Rasinkangas and J. Kangas, Photometric calibration of auroral TV pictures during a pulsating patch event, *Ann. Geophys.* 11, 790-796, 1993.

Knipp, D.J., B.A. Emery, A.D. Richmond, N.U. Crooker, M.R. Hairston, J.A. Cumnock, W.F. Denig, F.J. Rich, O. de la Beaujardière, J.M. Ruohoniemi, A.S. Rodger, G. Crowley, B.-H. Ahn, D.S. Evans, T.J. Fuller-Rowell, E. Friis-Christensen, M. Lockwood, H.W. Kroehl, C.G. MacLennan, A. McEwin, R.J. Pellinen, R.J. Morris, G.B. Burns, V. Papitashvili, A. Zaitzev, O. Troshichev, N. Sato, P. Sutcliffe and L. Tomlinson, Ionospheric convection

response to slow, strong variations in a northward interplanetary magnetic field: A case study for January 14, 1988, *J. geophys. Res.* 98, 19273-19292, 1993.

Lanchester, B.S., T. Nygrén, M.J. Jarvis and R. Edwards, Gravity wave parameters measured with EISCAT and Dynasonde, *Ann. Geophys.* 11, 925-936, 1993.

Osepian A., V. Vlaskov, H. Ranta, A. Ranta, E. Turunen, High-latitude plasma densities in the middle atmosphere and characteristics of precipitating electrons during an auroral absorption substorm, *Adv. Space Sci.* 13, (4)99-(4)104, 1993.

Turunen, E., EISCAT incoherent scatter radar observations and model studies of day to twilight variations in the D-region during the PCA event of August, 1989, *J. atmos. terr. Phys.* 55, 767-781, 1993.

Turunen, T., T. Nygrén and A. Huuskonen, Nocturnal high-latitude E-region in winter during extremely quiet conditions, *J. atmos. terr. Phys.* 55, 783-795, 1993.

Khudukon, B.Z., E.D. Tereshchenko, A.V. Galinov, A.A. Popov and T. Nygrén, Determination of drift velocity and anisotropy of irregularities in the auroral ionosphere using radio source scintillation, *J. atmos. terr. Phys.*, 56, 93-102, 1994.

Kunitsyn U.E., E. S. Andmeva, E. D. Tereshchenko, B. Z. Khudukon and T. Nygrén: Investigations of the ionosphere by Satellite Radiotomography *International Journal of Imaging systems and Technology*, Vol. 5, 112-127, 1994.

Lanchester, B.S., J.R. Palmer, M.H. Rees, D. Lummerzheim, K. Kaila and T. Turunen, Energy flux and characteristic energy of an elemental auroral structure, *Geophys. Res., Lett.*, 21, 2789-2792, 1994.

Lastovicka, J., L.F. Alberga, E.A. Benedoktov, J. Boska, J. Bremer, G. Entzian, V. Fiser, J.-C. Jodogne, A.K. Knyazev, F. Marcz, B.A. de la Morena, Pl. Mukhtarov, T. Ogawa, D. Pancheva, H. Ranta, Z.Ts. Rapoport and X. Nianly, Lower ionosphere at middle latitudes: Its morphology and response to meteorological and solar-terrestrial activity during the DYANA campaign 1990, *J. atmos. terr. Phys.*, 56, 13/14, 1947-1962, 1994.

Manninen, J., T. Turunen, J. Kultima and E. Titova, Correlating optical emissions, quasi-periodic VLF emissions and magnetic Pc3 pulsations. *Geomagnetism and Aeronomy*, 34, 42-47, 1994.

Opgenoorth, H.J., M.A.L. Persson, T.I. Pulkkinen, and R.J. Pellinen, The recovery phase of magnetospheric substorms and its association with morning-sector aurora, *J. geophys. Res.*, 99, 4115-4129, 1994.

Persson, M.A.L., H.J. Opgenoorth, T.I. Pulkkinen, A.T. Eriksson, P.O. Dovner, G.D. Reeves, R.D. Belian, M. Andre, L.G. Blomberg, N.E. Erlandson, M.H. Boehm, A. Aikio, and I. Häggström Near-Earth substorm onset; a coordinated study, *Geophys. Res. Lett.*, 21, 1875-1878, 1994

Ranta, H., A. Ranta, P. Stauning, Z. Rapoport, S. Kirkwood, J. Lastovicka, A.K. Knyazev, Morphology of the D and E regions at high latitudes in the northern hemisphere during the campaign DYANA in 1990. *J. atmos. terr. Phys.*, 56, 1933-1946, 1994.

Williams P.J.S., Viridi T.S., Jones G.O.L. and Huuskonen A. A comparison of three methods of measuring tidal oscillations in the lower thermosphere using EISCAT common programmes. *J. atmos. terr. Phys.*, 56, 1347-1359, 1994.

Aikio, A.T., G.T. Marklund, J. Woch and T. Potemra, Small scale structures in the high-altitude auroral electric field, *Ann. Geophys.* 13, 84-94, 1995.

Eglitis, P., T.R. Robinson, I.W. McCreia, K. Schlegel, T. Nygrén and A.S. Rodger, Doppler spectrum statistics obtained from three different-frequency radar auroral experiments, *Ann. Geophys.*, 13, 56-65, 1995.

Kauristie, K., T.I. Pulkkinen, R.J. Pellinen, P. Janhunen, A. Huuskonen, A. Viljanen, H.J. Opgenoorth, W.J. Heikkila and D.N. Baker, Analysis of the substorm trigger phase using multiple ground-based instrumentation, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 2065-2068, 1995.

Markkanen, M., M. Lehtinen, T. Nygrén, J. Pirttilä, P. Henelius, E. Vilenius, E.D. Tereshchenko and B.Z. Khudukon, Bayesian approach to satellite radiotomography with applications in the Scandinavian sector, *Ann. Geophys.*, 13, 1277-1287, 1995.

Pellinen, R.J., T.I. Pulkkinen, A. Huuskonen, K. Kauristie, W.J. Heikkila, H.J. Opgenoorth and M. Pudovkin, The trigger phase of magnetospheric substorms, *Geomag. Aeron.* (English version), 34, 725-730, 1995.

Ranta, H., H. Yamagishi and P. Stauning, Twilight anomaly, midday recovery and cutoff latitudes during the intense polar cap absorption event of March 1991, *Ann. Geophys.*, 13, 262-276, 1995.

Ranta, H. and A. Ranta, Source region of energetic electron precipitation between L-values 3 and 6, *Geophysica*, 31, 1, 23-36, 1995.

Turunen E., Incoherent scatter radar contributions to high latitude D-region aeronomy, *J. atmos. terr. Phys.*, 58, No. 6, 707-725, 1996.

Yahnin, A., E. Titova, A. Lubchich, T. Bosinger, J. Manninen, T. Turunen and T.L. Hansen, Dayside high latitude magnetic impulsive events: Their characteristics and relation to the sudden impulses, *J. atmos. terr. Phys.*, 57, 1569-1582, 1995.

Aikio, A.T. and K.U. Kaila, A substorm observed by EISCAT and other ground-based instruments - evidence for near-Earth substorm initiation, *J. atmos.terr. Phys.*, 58, 5-22, 1996.

Breen A.R., W.A. Coles, R. Grall, U.P. Løvhaug, J. Markkanen, H. Misawa and P.J.S. Williams, EISCAT Measurements of Interplanetary Scintillation. *J. atmos. terr. Phys.* 58, 507-519, 1996.

Breen A.R., W.A. Coles, R. Grall, M.T. Klinglesmith, J. Markkanen, P.J. Moran, B. Tegid and P.J.S. Williams, EISCAT measurements of the solar wind. *Ann. Geophys.* 14, 1235-1245, 1996.

Bösinger, T., K. Kaila, R. Rasinkangas, P. Pollari, J. Kangas, V. Trakhtengerts, A. Demekhov and T. Turunen, An EISCAT study of a pulsating auroral arc: simultaneous ionospheric electron density, auroral luminosity and magnetic field pulsations, *J. atmos.terr. Phys.*, 58, 23-35, 1996.

Eglitis, P.E., I.W. McCrea, T.R. Robinson, T.B. Jones, K. Schlegel, and T. Nygrén, Flow dependence of COSCAT spectral characteristics, *J. atmos. terr. Phys.*, 58, 189-203, 1996.

Grall R.R., W.A. Coles, M.T. Klinglesmith, A.R. Breen, P.J.S. Williams, J. Markkanen and R. Esser, Measurements of the solar wind speed in the south polar stream near the Sun, *Nature*, 379, [HYPERLINK "http://www.nature.com/nature/journal/v379/n6564/abs/379429a0.html"](http://www.nature.com/nature/journal/v379/n6564/abs/379429a0.html) 429-432, 1996.

Huuskonen, A. and M. Lehtinen, General incoherent scatter analysis and GUISDAP error estimates valid for high signal strengths, *J. atmos.terr. Phys.*, 58, 435-464, 1996.

Huuskonen, A., M. S. Lehtinen, and J. Pirttilä, Fractional lags in alternating codes: improving incoherent scatter measurements by using lag estimates at non-integer multiples of baud length, *Radio Sci.*, 31, 245-261, 1996.

Kauristie, K., T.I. Pulkkinen, R.J. Pellinen and H.J. Opgenoorth, What can we tell about global auroral electrojet activity from a single meridional magnetometer chain?, *Ann. Geophys.*, 14, 1177-1185, 1996.

Lanchester, B. S., K. Kaila and I. W. McCrea, Relationship between large horizontal electric fields and auroral arc elements, *J. Geophys. Res.*, 101, 5075-5084, 1996.

Lehtinen, M. and A. Huuskonen, General incoherent scatter analysis and GUISDAP, *J. atmos. terr. Phys.*, 58, 435-452, 1996.

Lehtinen, M., A. Huuskonen and J. Pirttilä, First experiences of full-profile analysis with GUISDAP, *Ann. Geophys.* 14, 1487-1495, 1996.

Manninen, J., T. Turunen, A. Lubchich, E. Titova and T. Yahnin, Relations of VHF emissions to impulsive electron precipitation measured by EISCAT radar in the morning sector of the auroral oval, *J. atmos.terr. Phys.*, 58, 97-106, 1996.

Markkanen, M. and T. Nygrén, A 64-bit strong alternating code discovered, *Radio Sci.*, 31, 241-243, 1996.

Nygrén, T., Studies of the E-region ion-neutral collision frequency using the EISCAT incoherent scatter radar, *Adv. Space Res.*, 18, (3)79-(3)82, 1996.

Nygrén, T., A. Huuskonen and P. Pollari, Alternating-codeed multipulse codes for incoherent scatter experiments, *J. atmos.terr. Phys.*, 58, 465-477, 1996.

Nygrén, T., M. Markkanen, M. Lehtinen, E.D. Tereshchenko, B.Z. Khudukon, O.V. Evstafiev and P. Pollari, Comparison of F-region electron density observations by satellite radio tomography and incoherent scatter methods, *Ann. Geophys.* 14, 1422-1428, 1996.

Nygrén, T. , and T. Turunen, The ability of the EISCAT radar in measuring fast variations and low values of E region electron density, *Adv. Space Res.*, 18, (3)75-(3)78, 1996.

Olsson, A., A.I. Eriksson and P. Janhunen, On the current-voltage relationship in auroral breakups and westward-travelling surges, *Ann. Geophys.* 14, 1265-1273, 1996.

Rietveld, M.T., E. Turunen, H. Matveinen, N.P. Goncharov and P. Pollari, Artificial periodic irregularities in the auroral ionosphere, *Ann. Geophys.* 14, 1437-1453, 1996.

Safargaleev, V., T. Turunen, W. Lyatsky, J. Manninen and A. Kozlovsky, Prebreakup events in auroras and EISCAT data, *Ann. Geophys.*, 14, 1170-1176, 1996.

Sergeev, V., A. Aikio, T. Bösinger, A. Brekke, L. Hakkinen, J. Kangas, R. Pellinen and P. Pollari, Nighttime patterns of ionospheric convection, conductance, horizontal and field-aligned currents during a steady magnetospheric convection event, *J. atmos.terr. Phys.*, 58, 107-120, 1996.

Turunen, E., Incoherent scatter radar contributions to high latitude D-region aeronomy, *J. atmos. terr. Phys.*, 58, 707-725, 1996.

Breen A.R., W.A. Coles, R.R. Grall, M.T. Klinglesmith, J. Markkanen, P.J. Moran, B. Tegid and P.J.S. Williams, EISCAT measurements in the solar wind, *Ann. Geophys.*, 14, 1235-1245, 1997.

Kauristie, K., T. I. Pulkkinen, A. Huuskonen, R. J. Pellinen, D. N. Baker, A. Korth and M. Syrjäso, Auroral precipitation fading before and at substorm onset: Ionospheric and geostationary signatures, *Ann. Geophys.*, 15, 967-983, 1997.

Lanchester, B. S., M. H. Rees, D. Lummerzheim, A. Otto, H. U. Frey and K. U. Kaila, Evidence for large fluxes of auroral electrons in filaments of 100 m width caused by transient parallel electric fields, *J. Geophys. Res.*, 102, 9741-9748, 1997.

Lehtinen, M., A. Huuskonen and M. Markkanen, Randomization of alternating codes: Improving incoherent scatter measurements by reducing correlations of gated autocorrelation function estimates, *Radio Sci.*, 32, 2271-2282, 1997.

Markkanen, M. and T. Nygrén, Long alternating codes II: a practical search method, *Radio Sci.*, 32, 9-18, 1997.

Nygrén, T. and M. Markkanen, Long alternating codes I: Search by playing dominoes, *Radio Sci.*, 32, 1-8, 1997.

Nygrén, T., M. Markkanen, M. Lehtinen, E.D. Tereshchenko, and B.Z. Khudukon, Stochastic inversion in ionospheric radiotomography, *Radio Sci.*, 32, 2359-2372, 1997.

Oikarinen, A., J. Manninen, J. Kultima and T. Turunen, Observations of intensity variations and harmonics of the heater induced VLF waves, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 59, 2351-2360, 1997.

Ranta, H., A. Ranta, J. K. Hargreaves S. Browne, Localized absorption events in the afternoon sector, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 59, 891-902, 1997.

Sergienko, T., I. Kornilov, E. Belova, T. Turunen and J. Manninen, Optical effects in aurora caused by ionospheric HF-heating, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 59, 2401-2407, 1997.

Wannberg, U.G., I. Wolf, L.-G. Vanhainen, K. Koskenniemi, J. Röttger, M. Postila, J. Markkanen, R. Jacobsen, A. Stenberg, R. Larsen, S. Eliassen, S. Heck and A. Huuskonen, The EISCAT Svalbard Radar, a case study in modern incoherent scatter radar system design, *Radio Sci.*, 32, 2283-2307, 1997.

Breen, A.R., P.J. Moran, C.A. Varley, W.P. Wilkinson, P.J.S. Williams, W.A. Coles, A. Lecinski, and J. Markkanen, Interplanetary scintillation observations of interaction regions in the solar wind, *Ann. Geophys.*, 16, pp.1265-1282, 1998.

Eglitis P., I.W. McCrea, T.R. Robinson, T. Nygrén, K. Schlegel, T. Turunen, and T.B. Jones, New techniques for auroral irregularity studies with COSCAT, *Ann. Geophys.*, 12, 1241-1250, 1998.

Janhunen, P., and A. Olsson, The current voltage relationship revisited: Exact and approximate formulas with almost general validity for hot magnetospheric electrons for bi-Maxwellian and kappa distributions, *Ann. Geophys.*, 16 292-297, 1998.

Kornilov, I.A., J. Manninen, J. Kultima, and T. Turunen, Sunrise effect on chorus type VLF emissions, *Geomagn. Aeron.* 38, 155-160, 1998.

Laakso, D., H.D. Fairfield, M. Collier, H. J. Opgenoorth, T.D. Phan, D.G. Sibeck, B.L. Giles, H.J. Singer, R.P. Lepping, R.P. Lin, F.S. Mozer, R. F. Pfaff, R. Tsuruda, and J.R. Wygant, Oscillations of Magnetospheric Boundaries Driven by IMF Rotations, *Geophys. Res. Lett.*, 25, 3007-3010, 1998.

Lehtinen, M.S., A. Huuskonen, and M. Markkanen, Randomization of alternating codes: improving incoherent scatter measurements by reducing correlations of gated autocorrelation function estimates, *Radio Sci.*, 32/6, 2271-2282, 1998.

Lühr, H., A.D. Aylward, S.C. Buchert, A. Pajunpää, K. Pajunpää, T. Holmboe, and S.M. Zalewski, Westward-moving dynamic substorm features observed with the IMAGE magnetometer network and other ground-based instruments, *Ann. Geophys.*, 12, 425-440, 1998.

Nygrén, T., M.J. Taylor, M.S. Lehtinen, and M. Markkanen, Application of tomographic inversion in studying airglow in the mesopause region, *Ann. Geophys.*, 16, 1180-1189, 1998.

Olsson, A., and P. Janhunen, Field-aligned conductance values estimated from Maxwellian and Kappa distributions in quiet and disturbed events using Freja electron data, *Ann. Geophys.*, 16, 298-302, 1998.

Olsson, A., and P. Janhunen, A case study of electron precipitation in the late substorm growth phase on and nearby of a pre-onset arc, *Ann. Geophys.* Vol. 16, pp 1567-1572, 1998.

Pellinen-Wannberg, A., A. Westman, G. Wannberg, and K. Kaila, Meteor fluxes and visual magnitudes from EISCAT radar event rates: a comparison with cross-section based magnitude estimates and optical data, *Ann. Geophys.*, 16, 1475-1485, 1998.

Pulkkinen, T. I., D.N. Baker, L.A. Frank, J.B. Sigwarth, H.J. Opgenoorth, R. Greenwald, E. Friis-Christensen, T. Mukai, R. Nakamura, H. Singer, G.D. Reeves, and M. Lester, Two substorm intensifications compared: Onset, expansion and global consequences, *J. Geophys. Res.*, 103, 15-28, 1998.

Wannberg, G., I. Wolf, L-G. Vanhainen, K. Koskenniemi, J. Röttger, M. Postila, J. Markkanen, R. Jacobsen, A. Stenberg, R. Larsen, S. Eliassen, S.A. Heck, A. Huuskonen, The EISCAT Svalbard radar: a case study in modern incoherent scatter radar system design, *Radio Sci.*, 32/6, 2283-2307, 1998.

Aikio, A. T., V. A. Sergeev, M. A. Shukhtina, L. I. Vagina, V. Angelopoulos, and G. D. Reeves, Characteristics of pseudobreakups and substorms observed in the ionosphere, at the geosynchronous orbit, and in the midtail, *J. geophys. Res.*, 104, No. A6, 12,263-12,287, 1999.

Belyaev, P.P., T. Bösinger, S.V. Isaev, V. Yu. Trakhtengerts, and J. Kangas, First evidence at high latitudes for the ionospheric Alfvén resonator, *J. geophys. Res.*, 104, 4305-4317, 1999.

Belyaev, P.P., T. Bösinger, S.V. Isaev, V. Yu. Trakhtengerts, and J. Kangas, Correction to: First evidence at high latitudes for the ionospheric Alfvén resonator, *J. geophys. Res.*, 104, 10233, 1999.

del Pozo, C. F., E. Turunen and Th. Ulich, Negative ions in the auroral mesosphere during a PCA event around sunset, *Ann. Geophys.*, 17, 782-793, 1999.

Tereshchenko, E.D., B.Z. Khudukon, M.O. Kozlova, and T. Nygrén, Anisotropy of ionospheric irregularities determined from the amplitude of satellite signals at a single receiver, *Ann. Geophys.*, 17, 508-518, 1999.

Ulich, T., E. Turunen, and T. Nygrén, Effective recombination coefficient in the lower ionosphere during bursts of auroral electrons, *Adv. in Space Res.*, 25, 47-50, 1999

Ulich, Th., E. Turunen, A. Karinen, R. Kivi, and E. Kyrö, Atmospheric Trends Above Finland: I. Mesosphere and Thermosphere, *Geophys.*, 35, 59-69, 1999.

Bösinger, T., A. Kero, P. Pollari, A. Pashin, P. Belyaev, M. Rietveld, T. Turunen, and J. Kangas, Generation of artificial magnetic pulsations in the P_{cl} frequency range by peri-

odic heating of the Earth's ionosphere: indications of Alfvén resonator effects, *J. Atmos. Solar Terr. Physics*, 62, 4, 277-297, 2000.

Holma, H.J., K.U. Kaila, and J.R.T. Jussila: Temperatures, emission heights and energies in discrete auroral forms. *Phys. Chem. Earth (B)* 25, No. 5-6, 463-466, 2000.

Karlsson, S.B.P., H.J. Opgenoorth, K. Kauristie, M. Syrjäso, T. Pulkkinen, M. Lockwood, R. Nakamura, P. Eglitis, G. Reeves, and S. Romanov, Solar wind control of magnetospheric energy content: Substorm quenching and multiple onsets, *J. Geophys. Res.*, 105 (A3), 5335-5356, 2000.

Kero, A., T. Bösinger, P. Pollari, E. Turunen and M. Rietveld, First EISCAT measurement of electron-gas temperature in the artificially heated D-region ionosphere, *Ann. Geophysicae*, 18(9), 1210-1215, 2000.

Mursula, K., K. Prikner, F.Z. Feygin, T. Bräysy, J. Kangas, R. Kerttula, P. Pollari, T. Pikkarainen, and O.A. Pokhotelov, Non-stationary Alfvén resonator: New results on P_{cl} pearls and IPDP events, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 62, 299-309, 2000.

Prikner, K., K. Mursula, F.Z. Feygin, J. Kangas, R. Kerttula, T. Pikkarainen, O.A. Pokhotelov, and V. Vagner, Non-stationary Alfvén resonator: vertical profiles of wave characteristics, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 62, 311-322, 2000.

Rickett, B., W. Coles, and J. Markkanen, Interstellar scintillation of pulsar B0809+74, *Atmospheric Physics Journal*, 533, 304-319, 2000.

Safargaleev, V.V., W.B. Lyatsky, P. Smith, V.N. Krivilev, N. Gazey, J. Manninen, K. Kauristie, T. Turunen, and A.E. Kozlovsky, Variations in the azimuthal component of the ionospheric electric field before and after auroral breakup, *Geomagn. and Aeronomy*, 40, 171-178, 2000.

Tereschenko, E. D., M. O. Kozlova, O. V. Evstafiev, B. Z. Khudukon, T. Nygrén, M. Rietveld, A. Brekke, Irregular structures of the F layer at high latitudes during ionospheric heating, *Ann. Geophys.*, 18(9), 1197-1209, 2000.

Tereshchenko, E. D., B.Z. Khudukon, M.O. Kozlova, O.V. Evstafiev, T. Nygrén, M.T. Rietveld and A. Brekke, Comparison of the orientation of small scale electron density irregularities and F region plasma flow direction, *Ann. Geophysicae*, 18, 8, 918-926, 2000.

Trakhtengerts, V.Y., P.P. Belyaev, S.V. Polyakov, A.G. Demekhov, and T. Bösinger, Excitation of Alfvén waves and vortices in the ionospheric Alfvén resonator by modulated powerful radio waves, *J. Atmos. Solar-Terr. Phys.*, 62, 267-276, 2000.

Ulich, Th., E. Turunen, and T. Nygrén, Effective recombination coefficient in the lower ionosphere during bursts of auroral electrons, *Adv. Space. Res.*, 25, [47-50](#), 2000.

Jussila, J., A. Aikio, S. Shalimov, S. Marple, and M. Syrjäso, Cosmic Radio Noise Absorption in the Vicinity of Auroral Arcs, *Eos Transactions AGU*, 82(47), 2001.

Kozlovsky, A., and J. Kangas, Characteristics of the post-noon auroras inferred from EISCAT radar measurements, *J. Geophys. Res.*, 106, 1817-1834, 2001.

Kozlovsky, A., T. Lakkala, J. Kangas, and A. Aikio, Response of the quiet auroral arc motion to ionospheric convection variations, *J. Geophys. Res.*, 106 (A10), 21, 463-21,473, 2001.

Lockwood M., A. Fazakerley, H. Opgenoorth, J. Moen, A.P. van Eyken, M. Dunlop, J-M. Bosqued, G. Lu, C. Cully, P. Eglitis, I.W. McCrea, M.A. Hapgood, M.N. Wild, R. Stamper, W. Denig, M. Taylor, J.A. Wild, G. Provan, O. Amm, K. Kauristie, T. Pulkkinen, A. Strømme, P. Prikryl, F. Pitout, A. Balogh, H. Rème, R. Behlke, T. Hansen, R. Greenwald, H. Frey, S.K. Morley, D. Alcaydé, P-L. Blelly, E. Donovan, M. Engebretson, M. Lester, J. Watermann, and M.F. Marcucci, Coordinated Cluster and ground-based instrument observations of transient changes in the magnetopause boundary layer during an interval of predominantly northward IMF: relation to reconnection pulses and FTE signatures, *Annales Geophysicae*, 19, 1613-1640, 2001.

Lockwood, M., H.J. Opgenoorth, A.P. van Eyken, A. Fazakerley, J-M. Bosqued, W. Denig, J.A. Wild, C. Cully, R. Greenwald, G. Lu, O. Amm, H. Frey, A. Strømme, P. Prikryl, M.A. Hapgood, M.N. Wild, R. Stamper, M. Taylor, I.W. McCrea, K. Kauristie, T. Mikhailov, A., W. Kofman, An interpretation of ion composition diurnal variation deduced from EISCAT observations, *Annales Geophysicae*, 19, 3, 351-358, 2001.

Lockwood, M., Opgenoorth, H., Van Eyken, A.P., Fazakerley, A., Bosqued, J.-M., Denig, W., Wild, J., Cully, C., Greenwald, R., Lu, G., Amm, O., Stromme, A., Prikryl, P., Hapgood, M.A., Wild, M.N., Stamper, R., Taylor, M., McCrea, I., Kauristie, K., Pulkkinen, T., Pitout, F., Balogh, A., Dunlop, M., Réme, H., Behlke, R., Hansen, T., Provan, G., Eglitis, P., Morley, S.K., Alcayde, D., Blelly, P.-L., Moen, J., Donovan, E., Engebretson M., Lester, M., Waterman, J. and Marcucci, M.F., Coordinated Cluster, ground-based instrumentation and low-altitude satellite observations of transient poleward-moving events in the ionosphere and in the tail lobe, *Ann. Geophys.*, 19, 1589-1612, 2001.

Opgenoorth, H.J., M. Lockwood, D. Alcaydé, E. Donovan, M.J. Engebretson, A.P. van Eyken, K. Kauristie, M. Lester, J. Moen, J. Waterman, H. Alleyne, M. André, M. W. Dunlop, N. Cornilleau-Wehrin, A. Masson, A. Fazerkerley, H. Rème, R. André, O. Amm, A. Balogh, R. Behlke, P.L. Blelly, H. Boholm, E. Borälv, J.M. Bosqued, S. Buchert, M. Candidi, J-C. Cerisier, C. Cully, W. F. Denig, P. Eglitis, R.A. Greenwald, B. Jackal, J.D. Kelly, I. Krauklis, G. Lu, I.R. Mann, M.F. Marcucci, I.W. McCrea, M. Maksimovic, S. Massetti, P.M.E. Décréau, D.K. Milling, S. Orsini, F. Pitout, G. Provan, J.M. Ruohoniemi, J.C. Samson, J.J. Schott, F. Sedgemore-Schulthess, R. Stamper, P. Stauning, A. Strømme, M. Taylor, A. Vaivads, J.P. Villain, I. Voronkov, J.A. Wild, and M. Wild, Coordinated ground-based, low altitude satellite and Cluster observations on global and local scales during a transient post-noon sector excursion of the magnetospheric cusp, *Annales Geophysicae*, 19, 1367-1398, 2001.

Prikner, K., K. Mursula, J. Kangas, and F.Z. Feygin, Ionospheric Alfvén resonator control over the frequency-variable Pcl event in Finland on May 14, 1977, *Studia Geoph. et Geod.*, 45, 363-381, 2001.

Sucksdorff, C., T. Bösinger, J. Kangas, K. Mursula, T. Nygrén, K. Kauristie, and H. Koskinen, Space physics, *Geophysica*, 37 (1-2), 309-355, 2001.

Ulich, Th., E. Turunen, and A. Karinen, Global Change and Changing Upper Atmosphere -Observations, in Long-term Changes and Trends in the Atmosphere, edited by G. Beig, Pune, India, 2001, (solicited review).

Uspensky, M., P. Eglitis, H. Opgenoorth, G. Starkov, T. Pulkkinen, and R. Pellinen, On auroral dynamics observed by HF radar: I. Equatorward edge of the afternoon-evening diffuse luminosity belt, *Annales Geophys.*, 18, 1560-1575, 2001.

Aikio, A.T., T. Lakkala, A. Kozlovsky, and P.J.S. Williams: Electric fields and currents of stable drifting auroral arcs in the evening sector. *J. Geophys. Res.*, 107, No. A12, pp. SIA 3-1 to SIA 3-14, (doi: 10.1029/2001JA009172) 2002.

Amm, O. and Kauristie, K., Ionospheric signatures of bursty bulk flows, *Surv. Geophys.*, 23, 1-32, 2002.

Damtie, B., T. Nygrén, M.S. Lehtinen, and A. Huuskonen, High resolution observations of sporadic-E layers within the polar cap ionosphere using a new incoherent scatter radar experiment, *Ann. Geophys.*, 20/ 9, 1429-1438, 2002.

Kozlovsky, A. and J. Kangas, Motion and origin of noon high-latitude poleward moving auroral arcs on closed magnetic field lines, *J. Geophys. Res.*, 107 (A2), SMP1 1-13, 2002.

Lehtinen, M., J. Markkanen, A. Väänänen, A. Huuskonen, B. Damtie, T. Nygrén and J. Rahkola, A new incoherent scatter technique in the European Incoherent Scatter (EISCAT) Svalbard radar, *Radio Sci.*, 37/4, 3-1 – 3-14, 2002.

Prikner, K., K. Mursula, J. Kangas, F. Z. Feygin, and R. Kerttula, Numerical simulation of the high-latitude non-stationary ionospheric Alfvén resonator during an IPDP event, *Stud. Geophys. Geod.*, 46, 2002.

Timofeev E.E., M.K. Vallinkoski, P. Pollari, J. Kangas, T.S. Viridi, P.J.S. Williams and E. Nielsen, Flow angle dependence of Im ionospheric plasma wave turbulence for near threshold radar echo electric fields, *J. Geophys. Res.*, 107, 1286, 2002.

Timofeev E.E., M.K. Vallinkoski, P. Pollari, J. Kangas, T.S. Viridi, P.J.S. Williams and E. Nielsen, Correction to Flow angle dependence of Im ionospheric plasma wave turbulence for near threshold radar echo electric fields, *J. Geophys. Res.*, 107, 1450, 2002.

Turunen T., A. Westman, I. Häggström and G. Wannberg, High resolution general purpose D-layer experiment for EISCAT incoherent scatter radars using selected set of random codes, *Ann. Geophys.*, 20/ 9, 1469-1477, 2002.

Verronen, P. T., E. Turunen, Th. Ulich and E. Kyrölä, Modelling the effects of the October 1989 solar proton event on mesospheric NO using a detailed ion and neutral chemistry model, *Annales Geophysicae*, Vol. 20, pp 1967-1976, 2002.

Cierpka K., M.J. Kosch, H. Holma, A. Kavanagh and T. Hagfors, Novel Fabry-Perot interferometer measurements of F-region ion temperature, *Geophys. Res. Lett.*, 30, 1293, 2003.

Kozlovsky, A.E., V.V. Safargaleev, J.R.T. Jussila, and A.V. Koustov, Pre-noon high-latitude auroral arcs as a manifestation of the interchange instability. *Ann. Geophys.*, 21, No. 12, 2303-2314, 2003.

Partamies, N., O. Amm, K. Kauristie, T.I. Pulkkinen, E. Tanskanen, A pseudo-breakup observation: localised current wedge across the postmidnight auroral oval, *J. Geophys. Res.*, 108 (A1), 1020, doi:10.1029/2002JA009276, 2003.

Uspensky, M., A. Koustov, P. Janhunen, R. Pellinen, D. Danskin, S. Nozawa, S., STARE Velocities: Importance of Off-Orthogonality and Ion Motion, *Ann. Geophys.*, Vol. 21, pp HYPERLINK "<http://www.copernicus.org/EGU/annales/21/3/729.htm>"729-743, 2003.

Aikio, A.T., K. Mursula, S. Buchert, F. Forme, O. Amm, G. Marklund, M. Dunlop, D. Fontaine, A. Vaivads, and A. Fazakerley: Temporal evolution of two auroral arcs as measured by the Cluster satellite and coordinated ground-based instruments. *Ann. Geophys.*, 22, No. 12, 4089-4101, 2004.

Bösinger, T., G. C. Hussey, C. Haldoupis, K. Schlegel, Auroral E-region electron density height profile modification by electric field driven vertical plasma transport:some evidence in EISCAT CP-I data statistics, *Annales Geophysicae*, 22, 901-910, 2004.

Damtie, B., M.S. Lehtinen, and T. Nygrén, Decoding of Barker-coded incoherent scatter measurements by means of mathematical inversion. *Ann. Geophys.*, 22, No. 1, 3-13, 2004.

Jussila, J.R.T., A.T. Aikio, S. Shalimov and S.R. Marple, Cosmic radio noise absorption events associated with equatorward drifting arcs during a substorm growth phase, *Ann. Geophys.*, 22, 1675-1686, 2004.

Lehtinen, M.S., B. Damtie, and T. Nygrén: Optimal binary phase codes and sidelobe-free decoding filters with application to incoherent scatter radar. *Ann. Geophys.*, 22, No. 5, 1623-1632, 2004.

Partamies, N.P., P. Janhunen, K. Kauristie, S. Mäkinen, and T. Sergienko, Testing an inversion method for estimating electron energy fluxes from all-sky camera images, *Ann. Geophys.*, 22, 1-11, 2004.

Prikner, K., K. Mursula, J. Kangas, R. Kerttula, and F.Z. Feygin, An effect of the ionospheric Alfvén resonator on multiband Pcl pulsations, *Ann. Geophys.*, 22, 2, 643-651, 2004.

Uspensky, M., A. Koustov, P. Janhunen, E. Nielsen, K. Kauristie, O. Amm, R. Pellinen, H. Opgenoorth, and R. Pirjola, STARE velocities: 2. Evening westward electron flow, *Annales Geophysicae*, 22, 1077-1091, 2004.

Amm, O., E.F. Donovan, H. Frey, M. Lester, R. Nakamura, J.A. Wild, A. Aikio, M. Dunlop, K. Kauristie, A. Marchaudon, I.W. McCrea, H.J. Opgenoorth, and A. Strømme: Coordinated studies of the geospace environment using Cluster, satellite and ground-based data: an interim review. *Ann. Geophys.*, 23, 6, 2129-2170, 2005.

Aruliah, A. L., E. M. Griffin, A. D. Aylward, E. A. K. Ford, M. J. Kosch, C. J. Davis, V. S. C. Howells, S. E. Pryse, H. R. Middleton, J. Jussila, First direct evidence of meso-scale variability on ion-neutral dynamics using co-located tristatic FPIs and EISCAT radar in Northern Scandinavia, *Annales Geophysicae*, 23, 147-162, 2005.

Blagoveshchenskaya, N. F., T. D. Borisova, V. A. Kornienko, B. Thidé, M. T. Rietveld, M. J. Kosch, T. Bösinger, Phenomena in the ionosphere-magnetosphere system induced by injection of powerful HF radio waves into nightside auroral ionosphere, *Annales Geophysicae*, 23, HYPERLINK "<http://www.copernicus.org/EGU/Annales/23/1/87.htm>"[87-100](#), 2005.

Enell C.F., A. Kero, E. Turunen, T. Ulich, P. Verronen, A. Seppala, S.R. Marple, F. Honary and A.Senior, Effects of D-region RF heating studied with the Sodankyla Ion Chemistry model, *Annales Geophysicae*, Vol. 23, HYPERLINK "<http://www.copernicus.org/EGU/Annales/23/5/1575.htm>"[pp 1575-1583](#), 2005.

Gustavsson B., T. Sergienko, M.J. Kosch, M.T. Rietveld, A. Steen, B.U.E. Brandstrom, T.B. Leyser, B. Isham, P. Gallop, T. Aso, M. Ejiri, K. Kaila, J. Jussila and H. Holma, The electron distribution during HF pumping – a picture painted in all colours, *Annales Geophysicae*, Vol. 23, HYPERLINK "<http://www.copernicus.org/EGU/Annales/23/5/1747.htm>"[pp 1747-1754](#), 2005.

Kozlovsky, A., V. Safargaleev, N. Østgaard, T. Turunen, A. Koustov, J. Jussila, A. Roldugin, On the motion of dayside auroras caused by a solar wind pressure pulse, *Annales Geophysicae*, 23, 509-521, 2005.

Kozlovsky A., H. Nilsson, T. Sergienko, A. T. Aikio, V. Safargaleev, T. Turunen, K. Kauristie, On the field-aligned currents in the vicinity of prenoon auroral arcs, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L18104, doi:10.1029/2005GL023120, 2005.

Markkanen, J., M. Lehtinen and M. Landgraf, Real-time space debris monitoring with EISCAT, *Adv. Space Res.*, 35, 7, 1197-1209, 2005.

Nilsson, H., A. Kozlovsky, T. Sergienko, A. Kotikov, Radar observations in the vicinity of pre-noon auroral arcs, *Annales Geophysicae*, 23, 1785-1796, 2005.

Safargaleev, V., T. Sergienko, H. Nilsson, A. Kozlovsky, S. Massetti, S. Osipenko, A. Kotikov, Combined optical, EISCAT and magnetic observations of the omega bands/Ps6 pulsations and an auroral torch in the late morning hours: a case study, *Annales Geophysicae*, 23, 1821-1838, 2005.

Uspensky, M., A. Koustov, V. Sofieva, O. Amm, K. Kauristie, W. Schmidt, E. Nielsen, T. Pulkkinen, R. Pellinen, S. Milan, and R. Pirjola, Multipulse and double-pulse velocities of Scandinavian Twin Auroral Radar Experiment (STARE) echoes, *Radio Science*, 40, RS3008, doi:10.1029/2004RS003151, 2005.

Aikio, A. T., T. Pitkänen, A. Kozlovsky, O. Amm, Method to locate the polar cap boundary in the nightside ionosphere and application to a substorm event, *Ann. Geophys.*, 24, HYPERLINK "<http://www.copernicus.org/EGU/annales/24/7/1905.htm>" [1905 - 1917](#), 2006.

Amm, O., R. Nakamura, H.U. Frey, Y. Ogawa, M. Kubyshkina, A. Balogh, and H. Reme, Substorm topology in the ionosphere and magnetosphere during a flux rope event in the magnetotail, *Ann. Geophys.*, 24, 735-750, 2006.

Blagoveshchenskaya, N. F., V.A. Kornienko, T.D. Borisova, M.T. Rietveld, T. Bosinger, B. Thide, T.B. Leyser, and A. Brekke, Heater-Induced Phenomena in a Coupled Ionosphere-Magnetosphere System, *Adv. Space Res.*, 38, 11, [2495-2502](#), 2006.

Griffin, E., M. Kosch, A. Aruliah, A. Kavanagh, I. McWhirter, A., Senior, E. Ford, C. Davis, T. Abe, J. Kurihara, K. Kauristie, and Y. Ogawa, Combined ground-based optical support for the aurora (DELTA) sounding rocket campaign, *Earth Planets Space*, 58, 1113-1121, 2006.

Holma H., K. Kaila, M.J. Kosch and M.T. Rietveld, Recognising the blue emission in artificial aurora, *Adv. Space Res.*, 38, 11, [2653-2658](#), 2006.

Kurihara, J., T. Abe, K.-I. Oyama, E. Griffin, M. Kosch, A. Aruliah, K. Kauristie, Y. Ogawa, S. Komada, and N. Iwagami, *Earth Planets Space*, 58, 1123-1130, 2006

Lubchich, A. A., A. G. Yahnin, E. E. Titova, A. G. Demekhov, V. Yu. Trakhtengerts, J. Manninen, T. Turunen, Longitudinal drift of substorm electrons as the reason of impulsive precipitation events and VLF emissions, *Annal. Geophys*, 24, [2667 - 2684](#), 2006.

Verronen, P.T., Th. Ulich, E. Turunen, C. J. Rodger, Sunset transition of negative charge in the D-region ionosphere during high-ionization conditions, *Annales Geophysicae*, 24, [187 - 202](#), 2006.

Uspensky, M.V., A.V. Koustov, and S. Nosawa, STARE velocity at large flow angles: is it related to the ion acoustic speed?, *Annales Geophysicae*, 24, 873-885, 2006.

Voiculescu, M., I. Virtanen, T. Nygrén, The F-region trough: seasonal morphology and relation to interplanetary magnetic field, *Annales Geophysicae*, 24, [173 - 185](#), 2006.

Ashrafi, M., M. J. Kosch, K. Kaila, B. Isham, Spatiotemporal evolution of radio wave pump-induced ionospheric phenomena near the fourth electron gyro-harmonic, *J. Geophys. Res.*, 112, A05314, doi:HYPERLINK "<http://www.agu.org/pubs/crossref/2007/2006JA011938.shtml>" [10.1029/2006JA011938](#), 2007.

Juusola, L., O. Amm., K. Kauristie, and A. Viljanen, A model for estimating the relation between the Hall to Pedersen conductance ratio and ground magnetic data derived from CHAMP satellite statistics, *Ann. Geophys.*, 25, 721-736, 2007.

Kero, A., C.-F. Enell, Th. Ulich, E. Turunen, M. T. Rietveld, and F.H. Honary, Statistical signature of active D-region HF heating in IRIS riometer data from 1994-2004, *Ann. Geophys.*, 25, [HYPERLINK "http://www.ann-geophys.net/25/407/2007/angeo-25-407-2007.html"](http://www.ann-geophys.net/25/407/2007/angeo-25-407-2007.html)407-415, 2007.

Kozlovsky, A., A. Aikio, T. Turunen, H. Nilsson, T. Sergienko, V. Safargaleev, K. Kauristie, Dynamics and electric currents of morningside Sun-aligned auroral arcs, *J. Geophys. Res.*, 112, A6, A06306, [HYPERLINK "http://www.agu.org/pubs/crossref/2007/2006JA012244.shtml"](http://www.agu.org/pubs/crossref/2007/2006JA012244.shtml)10.1029/2006JA012244, 2007.

Prikner, K., K. Mursula, T. Bösinger, F.Z. Feygin and T. Raita, The effective altitude range of the ionospheric Alfvén resonator studied by high-altitude EISCAT measurements, *JASTP.*, 69, 14, [1657-1667](#), 2007.

Vanhamäki, H., O. Amm, and A. Viljanen, Role of inductive electric fields and currents in dynamical ionospheric situations, *Ann. Geophys.*, 25, 437-455, 2007.

Yordanova, E., D. Sundkvist, S.C. Buchert, M. Andre, Y. Ogawa, M. Morooka, O. Marghitu, O. Amm, A.N. Fazakerley, and H. Reme, Energy input from the exterior cusp into the ionosphere: Correlated ground-based and satellite observations, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L04102, doi:10.1029/2006GL028617, 2007.

Aikio, A.T., T. Pitkänen, D. Fontaine, I. Dandouras, O. Amm, A. Kozlovsky, A. Vaivadas, and A. Fazakerley, EISCAT and Cluster observations in the vicinity of the dynamical polar cap boundary, *Ann. Geophys.*, 26, 87–105, 2008.

Alfonsi, L., Kavanagh, A.J., Amata, E., Cilliers, P., Correia, E., Freeman, M., Kauristie, K., Liu, R., Luntama, J.-P., Mitchell, C.N. and Zherebtsov, G.A., Probing the high latitude ionosphere from ground-based observations: The state of current knowledge and capabilities during IPY (2007-2009). *J. Atmos. Sol.-Terr. Phys.*, 70, 18, 2293-2398, 2008.

Enell, C.-F., P. T. Verronen, M. J. Beharrel, J. P. Vierinen, A. Kero, A. Seppälä, F. Honary, T. Ulich, E. Turunen, Case study of the mesospheric and lower thermospheric effects of solar X-ray flares: coupled ion-neutral modelling and comparison with EISCAT and riometer measurements, *Ann. Geophys.* 26, 2311-2321, 2008.

Kero, A., J. Vierinen, C.-F. Enell, I. Virtanen and E. Turunen, New incoherent scatter diagnostic methods for the heated D-region ionosphere, *Ann. Geophys.*, 26, 2273-2279, 2008.

Kero, A., C.-F. Enell, A.J. Kavanagh, J. Vierinen, I. Virtanen and E. Turunen, Could negative ion production explain the polar mesosphere winter echo (PMWE) modulation in active HF heating experiments?, *Geophysical Research Letters*, 35, L23102, 2008.

Kozlovsky, A., T. Turunen, and S. Massetti, Field-aligned currents of postnoon auroral arcs, *J. Geophys. Res.*, 114, A03301, doi:10.1029/2008JA013666, 2009.

Lehtinen, M. S., I.I. Virtanen, J. Vierinen and M. Orispää, Fast comparison of IS radar code sequences for lag profile inversion, *Ann. Geophys.*, 26, 2291-2301, 2008.

Lukianova, R., A. Kozlovsky, and T. Turunen, Comparison and validation studies related to the modeling ionospheric convection and the EISCAT observations in the polar cap, *Int. J. Geomagn. Aeron.*, 7, N3, G13005, 10.1029/2007GI000169, 2008.

Nygrén, T., Voiculescu, M., and A.T. Aikio, The role of electric field and neutral wind in the generation of polar cap sporadic E, *Ann. Geophys.*, 26, 3757–3763, 2008.

Safargaleev, V., A. Kozlovsky, T., Sergienko T. Yeoman, M. Uspensky, D. Wright, H. Nilsson, T. Turunen, and A. Kotikov, Optical, radar and magnetic observations of the magnetosheath plasma capturing during the positive impulse in IMF Bz-component, *Ann. Geophys.*, 26, 517-531, 2008.

Uspensky, M.V., Pellinen, R.J. and Janhunen, P., The electron drift velocity, ion acoustic speed and irregularity drifts in high- latitude E-region. *Ann. Geophys.*, 26, 3395-3409, 2008.

Vierinen, J., M.S. Lehtinen, M. Orispää and I.I. Virtanen, Transmission code optimization method for incoherent scatter radar, *Ann. Geophys.*, 26, 2923-2927, 2008.

Vierinen, J., M.S. Lehtinen and I. Virtanen, Amplitude domain estimation of narrow incoherent radar targets, *Ann. Geophys.*, 26, 2419-2426, 2008.

Virtanen, I. I., M.S. Lehtinen and J. Vierinen, Towards multi-purpose IS radar experiments, *Ann. Geophys.*, 26, 2281-2289, 2008.

Virtanen, I. I., M.S. Lehtinen, T.Nygrén, M. Orispää and J. Vierinen, Lag profile inversion method for EISCAT data analysis, *Ann. Geophys.*, 26, 571-581, 2008.

Voiculescu, M. and Nygrén, T.: Radar observations of plasma depletions in the ionosphere, *Romanian J. Phys.*, 53(1-2), 7–13, 2008.

Voiculescu, M. and Nygrén, T.: Extraterrestrial magnetic field effect on the F region trough, *Romanian J. Phys.*, 53(1-2), 15–22, 2008.

Aikio, A. T. and A. Selkälä, Statistical properties of Joule heating rate, electric field and conductances at high latitudes, *Ann. Geophys.*, 27, 2661–2673, 2009.

Amm, O., A. Grocott, M. Lester, and T.K. Yeoman, Local determination of ionospheric plasma convection from coherent scatter radar data using the SECS technique, *J. Geophys. Res.*, 2009 (accepted, in press).

Pitkänen, T., A. T. Aikio, A. Kozlovsky, and O. Amm, Ionospheric reconnection electric field and dynamics of the polar cap boundary during a substorm, *Ann. Geophys.*, 27, 2157–2171, 2009.

Safargaleev, V.V., T.I. Sergienko, A.E. Kozlovsky, I. Sandal, U. Brandstrem, D.N. Shibaeva, Electric field enhancement in an auroral arc according to the simultaneous radar (EISCAT) and optical (ALIS) observations, *Geomagnetism and Aeronomy (Engl.)*, Vol. 49, No. 3, pp. 353–367, DOI: 10.1134/S0016793209030098, 2009.

Vanhamäki, H., K. Kauristie, O. Amm, A. Senior, D. Lummerzheim, and S. Milan, Electro-dynamics of an omega-band as deduced from optical and magnetometer data, *Ann. Geophys.*, 27, 3367, 2009.

Virtanen, I. I., J. Vierinen and M.S. Lehtinen, Phase-coded pulse aperiodic transmitter coding, *Ann. Geophys.*, 27, 2799-2811, 2009.

Dahlgren, H., A. Aikio, K. Kaila, N. Ivchenko, B. S. Lanchester, D. K. Whiter, G. T. Mar-klund, Simultaneous observations of small multi-scale structures in an auroral arc, *J. Atmos. Sol. Terr. Phys.*, accepted, 2010.

Lukianova, R. Ju., A. Kozlovsky, and F. Christiansen, Asymmetrical structures of the field-aligned currents and convection of magnetospheric plasma controlled by the azimuthal IMF component and seasons, *Geomagnetism and Aeronomy*, in press, 2010.

Safargaleev, V., Kozlovsky, A., Honary, F., Voronin, A., Turunen, T., Geomagnetic disturbances on ground associated with particle precipitation during SC, *Ann. Geophys.*, in press, 2010.