

## SPEKTRAT JON-AKUSTIKË TË ZMADHUAR DHE PRECIPITIMI I ELEKTRONEVE NË JONOSFERËN POLARE

\*DALIPI B.<sup>1</sup>, DUKA B.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universiteti i Prishtinës, Kosovë

<sup>2</sup>Universiteti i Tiranës, Fakulteti i Shkencave Natyrore, Departamenti i Fizikës

e-mail: [bashkimdalipi@hotmail.com](mailto:bashkimdalipi@hotmail.com)

### Përmbledhje

Precipitimi i elektroneve energjetike si rezultat i bashkëveprimit Diell – Tokë, në rajonet polare, konsiderohet të jetë një burim i rritjes së përgjithshme të përqendrimit të elektroneve në jonosferë. Kjo rritje e përqendrimit të elektroneve ndikon në ndryshimin e profilit vertikal të densitetit të elektroneve në jonosferën polare. Në këtë punim, është hulumtuar lidhja në mes të spektrit jon-akustik të zmadhuar (SIAZ) dhe precipitimit të elektroneve, bazuar në të dhënat e arkivuara nga radari jokoherent ESR 42m, i pozicionuar në arkipelagun e Svalbardit afër Polit Verior. Përpunimi dhe analiza e të dhënave të papërpunuara është bërë me ndihmën e aplikacioneve të veçanta, si GUIDAP dhe RTG. Ne kemi gjetur që për një kohë shumë të shkurtër, të rendit rreth një minutë, profili vertikal i densitetit ka ndryshuar ndjeshëm. Vlerat e densitetit janë rritur me 17% rreth pikut të nënshtresës F2 të jonosferës, menjëherë pas ngjarjes së spektrave jon-akustikë të zmadhuar. Rritja e vlerave të densitetit përfshin të gjitha lartësitë, nga rreth 200 km deri në rreth 800 km. Një rritje kaq e theksuar e densitetit të elektroneve, për një kohë kaq të shkurtër mund të shkaktohet nga precipitimi i elektroneve energjetike me energji më të ulët se 1 keV.

### Abstract

The precipitation of the energetic electrons as a result of the solar-terrestrial interaction, in the Polar Regions, is considered to be a source of general increasing of electrons concentration in the ionosphere. This increase of electron concentration affects the vertical profile of the electron density in the Polar ionosphere. Here we have explored the relation between the Naturally Enhanced Ion-Acoustic Spectra (NEIAS) and electron precipitation, based on the archived data from ESR 42m incoherent radar, positioned at Svalbard, near the North Pole. Processing and analysis of raw data was performed using specific scientific applications, such as GUIDAP and RTG. We found out that the vertical density profile has changed significantly for a very short period of time, approximately one minute. The density values were increased by 17 % over the density peak of the F2-region, immediately after a strong Naturally Enhanced Ion-Acoustic Lines event. The increased density values include all heights, from about 200 km to about 800 km, and this is consistent with spectral enhancement heights we observed during that event. Such an increase of electron density for such a short period of time can be attributed to the precipitation of the energetic electrons with energy less than 1 keV.

**Fjalëkyçe:** Jonosfera, precipitimi i elektroneve, densiteti i elektroneve, radarët jokoherentë, spektri jon-akustik i zmadhuar.

## Hyrje

Si rezultat i bashkëveprimit Diell – Tokë, nëpërmjet erës diellore dhe fushës magnetike të Tokës, në rajonet polare, flukse të mëdha të elektroneve vërshojnë poshtë përgjatë vijave, ose paksa shmangur nga drejtimi i vijave, të fushës magnetike. Këto elektrone e rrisin popullimin e jonosferës me elektrone të lira dhe kështu i rrisin edhe vlerat e densitetit të elektroneve në jonosferë. Hulumentimet në këtë drejtim, bazuar në instrumente me bazë tokësore, siç janë radarët jokoherentë, ose bazuar në instrumente me bazë hapësinore, siç janë sondat raketore dhe satelitët artificialë, kanë treguar se disa nga efektet e rëndësishme gjeofizike, që ndërthuren me këtë fenomen, janë çrregullimet gjeomagnetike, emisionet e aurorës, rritja e densitetit të elektroneve në jonosferë, etj (Brown, 1966). Këto “reshje” elektronike, ndryshe njihen si precipitim i elektroneve në jonosferë. Precipitimi i elektroneve është në gjendje të ndryshojë dukshëm vlerat e parametrave fizikë të jonosferës polare.

Spektrat e radarëve, me shpërhapje jokoherente, e kanë origjinën e tyre nga bashkëveprimi i radiovalëve të emetuara nga radari me valët jon-akustike të plazmës jonosferike (Beynon & Williams, 1978). Në vartësi nga kahu i lëvizjes së valëve jon-akustike, spektri e merr formën karakteristike ”gungë e dyfishtë” (Beynon & Williams, 1978), ku njëra gungë vjen si pasojë e largimit të valës jon-akustike ndaj radarit, ndërsa gunga tjetër si pasojë e afrimit të valës jon-akustike ndaj radarit. Në rast se valët jon-akustike për ndonjë arsye janë destabilizuar, atëherë spektri jon-akustik i regjistruar nga radari, mund të zmadhohet 4 deri në 5 herë më shumë se sa kur valët janë stabile (Grydeland *et al.* 2004). Spektrat e tillë të zmadhuar quhen Spektra Jon-Akustikë të Zmadhuar (SJAZ).

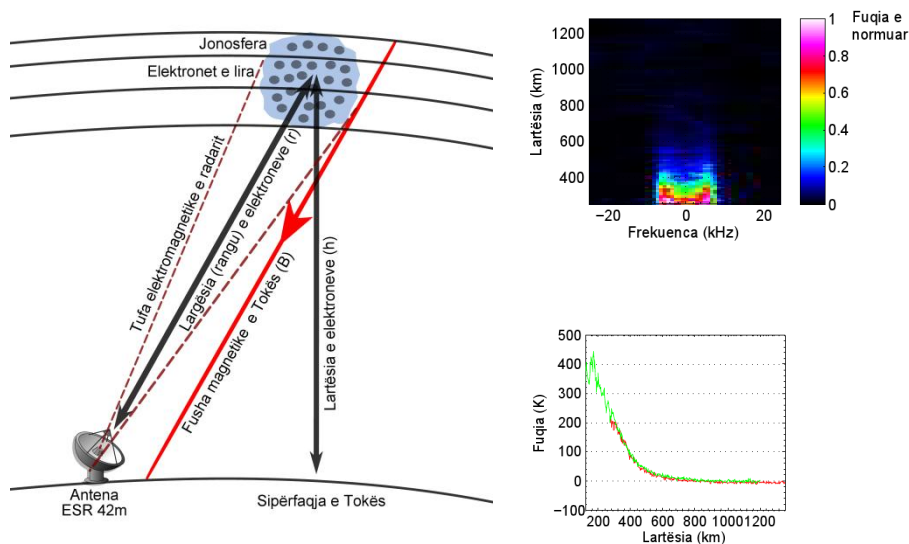
Precipitimi i elektroneve me energji të ulët, me vlera rreth 0.1 keV deri në 10 keV, është konsideruar, nga shumë autorë, si një rrethanë gjeofizike e favorshme e paraqitjes së spektrave jon-akustikë të zmadhuar (p.sh. Forme *et al.* 1995). Në punimet e tyre, Rietveld *et al.* 1991; Wahlund *et al.* 1993; Forme dhe Fontaine, 1999; Sedgemore-Schulthess *et al.* 1999; Blixt *et al.* 2005; Strømme *et al.* 2005; Sullivan *et al.* 2008, i ndërlidhin në mënyrë të drejtpërdrejtë apo tërthorazi, periudhat e shfaqjes së dukurisë së SJAZ në jonosferë me precipitim i elektroneve me energji të ulët. Në disa publikime të tjera, precipitimi i elektroneve me energji të lartë me vlera mbi 10 keV është ndërlidhë me paraqitjen e dukurisë së SJAZ. P.sh. Lunde *et al.* 2007 ka theksuar se precipitimi i elektroneve me energji të lartë ka mundësi të luaj një rol në rritjen e krahut (gungës) të djathtë të spektrit jon-akustik. Po ashtu, Lunde *et al.* 2009 ka treguar se precipitimi i butë, por edhe ai i fortë, i elektroneve është esencjal për

gjenerimin e SJAZ. Një ngjarje e spektrave jon-akustikë të zmadhuar, e regjistruar me dt. 01. 06. 2004, është hulumtuar për të konstatuar efektet e kësaj ngjarjeje në vlerat e parametrit të densitetit të elektroneve të jonosferës, përgjatë profilit vertikal, bazuar në të dhënat e depozituara nga regjistrimet e radarit jokoherent ESR 42m, të pozicionuar në arkipelagun e Svalbardit, afër Polit Verior.

### Materiali dhe metodat

Hulumtimi ynë mbështetet në të dhënat eksperimentale, të depozituara si rezultat i eksperimenteve të vazhdueshme dhe vëllimore, që asociacioni shkencor EISCAT (European Incoherent Scatter Scientific Association), i bën në baza të rregullta kohore që nga themelimi i tij. Më poshtë, jepen disa nga sistemet e vrotimeve dhe përpunimit të të dhënave të tij.

**ESR 42m** – (EISCAT Svalbard Radar). ESR 42m është një radar jokoherent, i cili është i vendosur afër qytetit Longyearbyen, në arkipelagun e Svalbardit (pjesë territoriale e Norvegjisë), afër Polit Verior (më gjerësisht, Wannberg et al. 1997). Pozicioni gjeografik i sistemit është:  $78.2^0$  (gjerësia gjeografike) dhe  $16.0^0$  (gjatësia gjeografike). Antena ESR 42m është e fiksuar në drejtimin e vijave të fushës magnetike (ang. field-aligned) dhe operon vetëm në këtë pozicion (Figura 1).



**Figura 1.** Majtas: Antena e radarit ESR 42m. Ajo ka një përforsim statik dhe aksi i saj është i drejtuar paralel me vijat e fushës magnetike  $\mathbf{B}$ , të cilat e depërtojnë sipërfaqen e Tokës në një kënd prej afërsisht 80 shkallësh. Djathtas - lartë: Spektri jon-akustik i përfutur nga radari me programin RTG. Shiriti i shkallëzuar paraqet fuqinë e normuar të sinjalit të regjistruar nga radari. Vlera 0 do të thotë fuqi e

barabartë me zero në sinjalin e regjistruar, ndërsa vlera 1 do të thotë fuqi maksimale në sinjalin e regjistruar, për një grumbull të caktuar të të dhënave. Boshti i frekuencave përfaqëson vlerat e frekuencës së regjistruar dhe shmangiet ( $\pm$ ) nga vlera e frekuencës bartëse të sinjalit të radarit e cila për radarin ESR 42m është 500 MHz. Djathtas - poshtë: Fuqia e sinjalit të regjistruar nga radari shprehur në Kelvin (K) në funksion të lartësisë (km).

Në regjistrimet elektronike të sinjaleve të radarëve përdoret “temperatura e zhurmës ekuivalente” (“equivalent noise temperature”) për të shprehur nivelin e fuqisë së çdo sinjali. Densiteti spektral i fuqisë së një sinjali-zhurme çfarëdo (sinjal me spektër të vazhduar) shprehet nëpërmjet temperaturës në Kelvin (K) që do të kishte një zhurmë termike me densitet spektral fuqie konstant:  $P/B = k_B T$ , k  $P$  – fuqia e shprehur në vat (W);  $B$  – gjerësia e brezit të frekuencave (Hz) të sinjalit që regjistrohet;  $k_B$  - konstantja e Bolcmanit. Kalibrimi i marrësit të sinjalit radar kryhet duke e krahasuar nivelin e sinjalit me atë të një diode kalibruese që emeton në një temperaturë zhurme të njohur. Kështu që, niveli i sinjalit shprehet në njësi temperature Kelvin (K).

**RAL** (Rutherford Appleton Laboratory) - Laboratori Rutherford-Appleton, me seli në Harwell Oxford Didcot, në Mbretërinë e Bashkuar, është selia e grupit të shkencëtarëve që përfaqëson këtë shtet në organizatën e EISCAT. Qasja dhe nxjerrja e të dhënave me interes, nga katalogu i përgjithshëm, është bërë duke i ekzekutuar komandat TAPECUT dhe get\_mat, në *remote mode* nga terminali ynë (Kosovë), në makinën UNIX 64 që gjendet në laboratorin Rutherford-Appleton.

**GUISDAP** – Grand Unified Incoherent Scatter Design and Analysis Package është program aplikativ, për analizimin e të dhënave të papërpunuara të EISCAT, i zhvilluar nga Markku Lehtinen dhe Asko Huuskonen (Lehtinen & Huuskonen, 1996; Lehtinen et al. 1996).

**RTG** – Real Time Graph, është një program aplikativ i bazuar në MATLAB që mundëson, në kohë reale si dhe në kohë joreale, paraqitjen grafike të të dhënave të grumbulluara e të pa përpunuara, në formën e një spektri të fuqisë. RTG mund të përpunojë një, apo më shumë grumbuj të të dhënave së bashku.

**tau0** - ESR 42m punon mbi bazën e disa skemave eksperimentale. Skema e parë dhe themelore eksperimentale e krijuar për sistemin ESR është skema tau0 me intervale kohorë 6.4 s. Gjatë këtij eksperimenti antena i skanon lartësitë duke filluar nga rreth 70 km, deri afër 1300 km mbi nivelin e detit.

### Rezultatet dhe diskutime

Vrojtimi i të dhënave të datës 01. 06. 2004, ka çuar në gjetjen e disa periudhave kohore me interes, për studimin e spektrave jon-akustikë të zmadhuar. Dalipi et al. 2013, ka analizuar disa nga aspektet morfologjike të këtyre ngjarjeve. Ngjarja më e theksuar e kësaj dite, është shënuar në intervalin kohor: 07:35:50 UT deri në 07:36:48 UT (Figura 2a). Brenda këtij intervali përmbahen gjashtë grumbuj të dhënash me trajtë të SJAZ. Zmadhimin më të madh të vijave jon-akustike për tërë ditën e observimit e kemi të integruar dhe të përmbajtur në grumbullin 07:36:09 UT. Maksimumi i zmadhimit të spektrit, është në lartësinë rreth 510 km për krahun e majtë dhe rreth 440 km për krahun e djathtë të spektrit. Fuqia e regjistruar është rreth 19000 K. Karakteristikë tjetër e këtij spektri është se ai është i zhvendosur në të majtë të frekuencës së valës emetuese të radarit ESR 42m (Dalipi, 2014).

Thelbi i hulumtimit tonë, në lidhje me këtë ngjarje të theksuar të SJAZ, është caktimi i profilit vertikal të densitetit të elektroneve menjëherë para ngjarjes dhe menjëherë pas ngjarjes, për të konstatuar ndonjë marrëdhënie të mundshme në mes të shfaqjes së SJAZ dhe ndryshimit të densitetit të elektroneve të lira në jonosferë. Për këtë arsye kemi hulumtuar vlerat e densitetit të elektroneve në dy kohë të ndryshme, por shumë të përafërta me njëra tjetrën. Në figurën 2a dhe 2b janë treguar spektrat e grumbujve të të dhënave të analizuara që, i përgjigjen kohës së vrotimit të SJAZ.

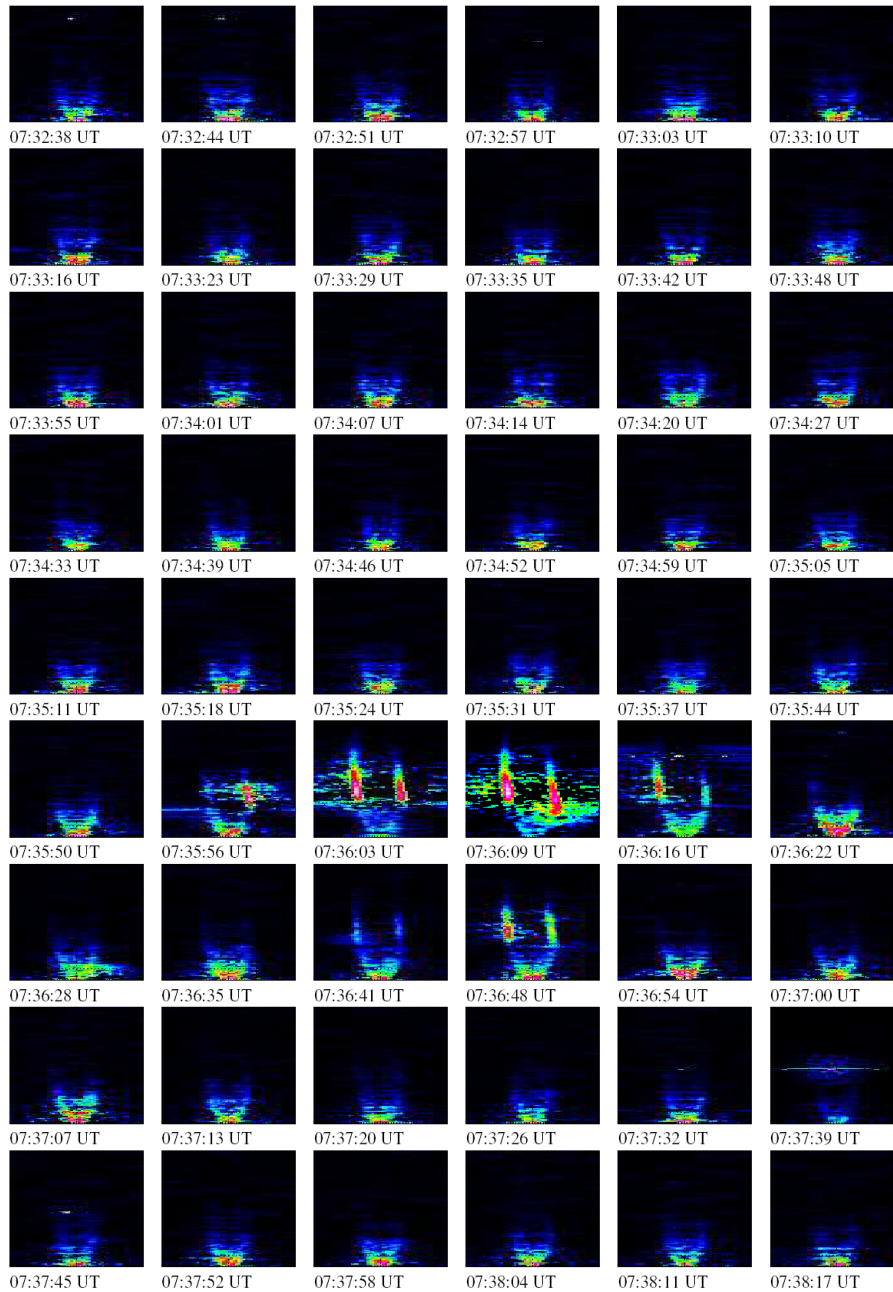
Grumbujt e të dhënave, respektivisht spektrat e tyre, të lidhur me proceset plazmatike jo-maksuelljane (Lockwood *et al.* 1989), nuk do të merren në shqyrtim për të analizuar densitetin e elektroneve, për arsye se, programi analizues GUISDAP, sipas punonjësve të laboratorit Rutherford-Appleton (komunikim privat) nuk jep rezultate të besueshme. Deri më sot, nuk është zhvilluar ndonjë mënyrë e saktë e analizimit të parametrave plazmatikë në jonosferë, gjatë periudhave të paraqitjes të dukurisë së SJAZ, për shkak se ende nuk është kuptuesisht i qartë mekanizmi në veprim, që shkakton këtë gjendje jo-maksuelljane plazmatike (Lunde, 2007).

Prandaj, janë analizuar vetëm grumbujt e të dhënave, spektrat e të cilëve janë të pa përfshirë nga spektrat jon-akustikë të zmadhuar, në mënyrë që të fitojmë rezultate të besueshme të profilit vertikal të densitetit të elektroneve. Së pari, është analizuar ansambli prej 29 grumbuj të dhënash të njëpasnjëshme, që përfaqësojnë shënimin dhe regjistrimin e shpërhapjes jokohërente në intervalin kohor 07:32:38 UT deri në 07:35:44 UT, të barabartë me gjithsej 186 sekonda.

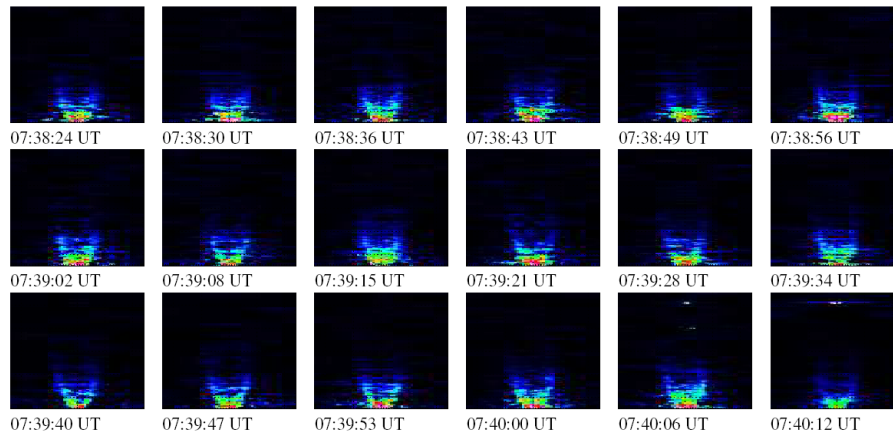
Pas vrotimit me RTG, të secilit spektër veç e veç, dhe konstatimit të trajtës së tyre, këta grumbuj janë analizuar me GUISDAP. Secili grumbull individual, i analizuar me GUISDAP, ka dhënë një profil vertikal të parametrave të analizuar, që në rastin tonë konkret shpreh profilin e densitetit të elektroneve sipas

lartësisë. Mirëpo, integrimi i disa grumbujve të njëpasnjëshëm, apo integrimi i të dhënave për një interval më të gjatë kohor, jep një profil më të përvijuar dhe me një ndarje më të lartë të vlerave të densitetit të elektroneve në funksion të lartësisë. Gjithashtu, është analizuar ansambli prej 29 grumbuj me trajtë normale, që pasojnë menjëherë ngjarjen e SJAZ. Këta grumbuj të njëpasnjëshëm i përkasin intervalit kohor prej 186 sekonda, respektivisht nga 07:36:54 UT deri në 07:40:00 UT.

Në tabelën 1 është paraqitur rezultati i vlerave të densitetit të elektroneve, të analizuar me GUIDAP, në intervalin para dhe pas ngjarjes së SJAZ, të përbërë nga integrimi i 29 grumbujve për secilin interval. Profili vertikal në eksperimentin tau0 është i ndarë në 53 porta. Porta e parë fillon rreth lartësisë 77 km, ndërsa porta e fundit fillon rreth lartësisë 1252 km. GUIDAP ka dhënë rezultate të pranueshme, për dy periudhat e analizuara, duke filluar nga porta e 5-të (~ 92 km) e deri tek porta e 44-të (~ 861 km). Në figurën 3 janë paraqitur grafikisht profilet vertikale të densitetit të elektroneve të analizuara si dhe krahasimi në mes këtyre profileve.



**Figura 2a.** Spektrat jon-akustikë të grumbujve të njëpasnjëshëm të të dhënave të pa përpunuara, të cilat përfaqësojnë kohën para ngjarjes së SJAZ, kohën gjatë ngjarjes së SJAZ dhe kohën pas ngjarjes së SJAZ.



**Figura 2b.** Vazhdim i figurës 2a. Spektret e treguar në figurë (përpos atyre me trajtë të zmadhuar) janë marrë në konsiderim për analizën e profilit vertikal të densitetit të elektroneve. Spektret 07:35:56 UT, 07:36:03 UT, 07:36:09 UT, 07:36:16 UT, 07:36:41 UT dhe 07:36:48 UT tregojnë trajta të spektrit jon-akustik të zmadhuar. Spektret paraprirës dhe pasues të këtyre spektrave, tregojnë trajta të spektrave jon-akustikë normalë. Spektret normalë kanë qenë objekt i vëzhgimit me RTG dhe i analizës me GUISDAP, për përcaktimin e profilit të densitetit të elektroneve.

Nga krahasimi i profileve vertikale të densitetit të elektroneve, konstatohet një dallim tejet i theksuar në mes të këtyre profileve, para dhe pas ngjarjes së SJAZ. Rritja e densitetit të elektroneve pas ngjarjes së SJAZ, më së miri vërehet në zonën e pikut të profilit, respektivisht në shtresën F të jonosferës. Shprehur në vlera numerike, rritja e densitetit është  $0.29 \times 10^{11} m^{-3}$ , ndërsa në përqindje është mbi 17%. Dallimi më i qartë i rritjes së vlerave të densitetit të elektroneve, konstatohet në intervalin e lartësive 200 km dhe 800 km, me një mesatare prej mbi 19%. Ky interval i lartësive, është në përputhje me lartësinë e jonosferës polare, të përfshirë nga spektrat jon-akustik të zmadhuar që stimulojnë ngjarjen në studim, trajta spektrale e së cilës është analizuar në hollësi nga Dalipi, 2014.

Lartësia e ndaljes së një elektroni energjetik, që precipiton, varet nga energjia e tij fillestare. Elektronet me energji më të vogël se 1 keV jonizojnë shtresën F të jonosferës, ato me energji në intervalin 1 keV dhe 10 keV jonizojnë shtresën E, ndërsa elektronet me energji mbi 10 keV jonizojnë shtresën D të jonosferës (Lunde, 2009). Duke marrë parasysh që në rastin tonë të hulumtuar, ndikimi i precipitimit të elektroneve në rritjen e densitetit të elektroneve, vërehet theksueshëm vetëm në nënshtresën F1 dhe F2, si dhe sipër nënshtresës F2, atëherë mund të konstatohet se precipitimi është dominuar nga elektronet me energji më të ultë se 1 keV. Prandaj, mund të nxjerrim si konkluzion se ngjarja e SJAZ është e shoqëruar me një precipitim të butë të elektroneve energjetike.



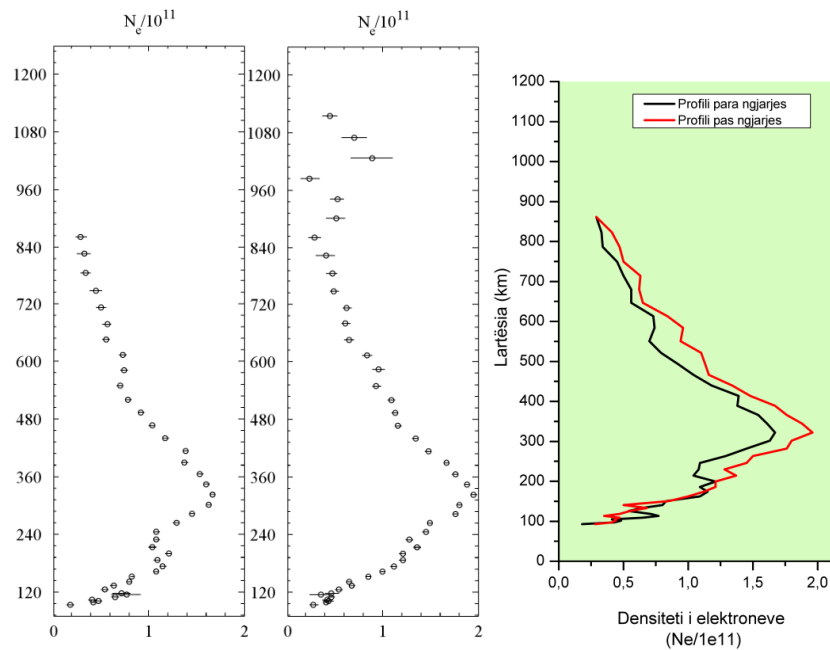
Porta	Shtresa/nënshtrësja e jonosferës	Lartësia	Densiteti i elektroneve	Lartësia	Densiteti i elektroneve	Ndryshimi i densiteteve (%)
		km	$\times 10^{11} \text{ m}^3$	km	$\times 10^{11} \text{ m}^3$	
			07:32:38 UT deri në 07:35:44 UT		07:36:54 UT deri në 07:40:00 UT	
1	Shtresa D	77.9	-	77.9	-	
2		80.8	-	80.8	-	
3		85.0	-	85.3	-	
4		89.7	-	89.7	-	
5		92.7	0.18 ± 0.04	92.7	0.28 ± 0.04	
6	Shtresa E	97.4	0.43 ± 0.03	97.3	0.41 ± 0.03	
7		101.6	0.48 ± 0.04	101.6	0.44 ± 0.05	
8		104.6	0.41 ± 0.05	104.6	0.43 ± 0.05	
9		109.3	0.65 ± 0.04	109.2	0.47 ± 0.03	
10		113.5	0.77 ± 0.16	113.5	0.35 ± 0.12	
11		117.9	0.71 ± 0.09	118.0	0.47 ± 0.08	
12		125.4	0.54 ± 0.04	125.4	0.55 ± 0.04	
13		132.9	0.64 ± 0.03	132.9	0.68 ± 0.03	
14		141.0	0.80 ± 0.03	140.8	0.65 ± 0.02	
15	Nënshtrësja F1	150.7	0.83 ± 0.02	150.6	0.85 ± 0.03	
16		162.0	1.09 ± 0.03	162.1	1.00 ± 0.03	
17		173.8	1.15 ± 0.03	173.9	1.12 ± 0.03	
18		185.8	1.09 ± 0.02	185.8	1.21 ± 0.04	
19		199.4	1.21 ± 0.02	199.3	1.21 ± 0.04	0.00
20		214.0	1.05 ± 0.04	214.2	1.37 ± 0.04	30.48
21		229.8	1.08 ± 0.03	229.6	1.28 ± 0.04	18.52
22		246.0	1.09 ± 0.03	246.1	1.45 ± 0.03	33.03
23	Nënshtrësja F2	263.3	1.29 ± 0.03	263.2	1.50 ± 0.03	16.28
24		281.7	1.45 ± 0.03	281.7	1.76 ± 0.03	21.38
25		301.6	1.63 ± 0.03	301.5	1.80 ± 0.03	10.43
26		<b>322.4</b>	<b>1.67 ± 0.03</b>	<b>322.2</b>	<b>1.96 ± 0.03</b>	<b>17.07</b>
27		343.8	1.61 ± 0.03	344.1	1.88 ± 0.03	16.77
28		366.2	1.54 ± 0.03	366.1	1.76 ± 0.03	14.29
29		389.0	1.38 ± 0.03	389.1	1.67 ± 0.03	21.01

30		413.7	$1.39 \pm 0.03$	413.8	$1.48 \pm 0.03$	6.47
31		439.7	$1.18 \pm 0.03$	439.8	$1.34 \pm 0.03$	13.56
32		466.4	$1.04 \pm 0.03$	466.3	$1.16 \pm 0.03$	11.54
33		493.8	$0.92 \pm 0.03$	493.5	$1.13 \pm 0.04$	22.83
34		521.8	$0.79 \pm 0.03$	521.5	$1.10 \pm 0.04$	39.24
35		550.9	$0.70 \pm 0.03$	550.7	$0.94 \pm 0.05$	34.29
36		581.2	$0.74 \pm 0.04$	583.9	$0.96 \pm 0.07$	29.73
37		613.0	$0.73 \pm 0.04$	613.2	$0.84 \pm 0.05$	15.07
38		645.8	$0.56 \pm 0.04$	646.5	$0.65 \pm 0.06$	16.07
39		679.2	$0.56 \pm 0.05$	679.8	$0.62 \pm 0.05$	10.71
40		713.5	$0.50 \pm 0.05$	713.7	$0.63 \pm 0.05$	26.00
41		749.0	$0.45 \pm 0.07$	749.2	$0.50 \pm 0.05$	11.11
42		785.2	$0.34 \pm 0.05$	786.2	$0.47 \pm 0.07$	38.24
43		824.6	$0.33 \pm 0.07$	823.2	$0.41 \pm 0.10$	24.24
44		861.2	$0.29 \pm 0.06$	861.4	$0.29 \pm 0.07$	0.00
45		900.5	-	900.6	$0.51 \pm 0.10$	
46		941.3	-	941.3	$0.52 \pm 0.07$	
47		981.6	-	983.0	$0.24 \pm 0.10$	
48		1025.9	-	1025.5	$0.89 \pm 0.22$	
49		1069.5	-	1069.6	$0.71 \pm 0.14$	
50		1114.1	-	1113.9	$0.45 \pm 0.08$	
51		1158.6	-	1158.9	-	
52		1205.3	-	1205.4	-	
53		1252.6	-	1253.1	-	

**Tabela 1.** Rezultati i analizës me GUIDAP i të dhënave të papërpunuara për 29 grumbujt para dhe 29 grumbujt pas ngjarjes së SJAZ.

Një rritje kaq e shpejtë dhe e theksuar e vlerave të densitetit, nuk mund të shkaktohet nga proceset e fotojonizimit, apo sipas teorisë së Chapman, që shpjegon teorisë e krijimit të shtresave të jonizuara, për shkak të kohës shumë të shkurtër të zhvillimit të procesit. Nga ana tjetër, kjo kohë e shkurtër (rreth një minutë), është më se e mjaftueshme që elektronet të arrijnë të precipitojnë dhe të depozitohen në brezin e lartësive prej 200 km deri në 800 km të jonosferës polare, duke pasur parasysh shpejtësinë me të cilën elektronet e erës diellore hyjnë në magnetosferë dhe përshpejtimin që ato marrin si rezultat i

bashkëveprimet me të. Ne mendojmë se një rritje kaq e theksuar e densitetit të elektroneve, për një kohë kaq të shkurtër, është shkaktuar nga precipitimi i elektroneve energjetike me energji më të ulët se 1 keV, në pjesën e cepit ditor të magnetosferës, respektivisht në jonosferën polare veriore. Precipitimi i tillë i elektroneve energjetike ka shkaktuar destabilizimin e valëve jon-akustike përgjatë vijave të fushës magnetike, valë këto të cilat, më pas, janë regjistruar me radarë jokohorentë në formë të spektrave jon-akustikë të zmadhuar.



**Figura 3.** Në panelin e parë dhe të dytë janë paraqitur profilet e densitetit të elektroneve (Ne) në jonosferë, të analizuar me GUIDAP, për dy kohë të ndryshme, respektivisht para dhe pas ngjarjes së SJAZ. Profili i parë paraqet intervalin e integruar para ngjarjes së SJAZ, 07:32:38 UT – 07:35:44 UT, ndërsa profili i dytë paraqet intervalin e integruar pas ngjarjes së SJAZ, 07:36:54 UT – 07:40:00 UT. Në panelin e tretë është paraqitur krahasimi i profileve të analizuar. Boshtet horizontale paraqesin densitetin e elektroneve ( $\times 10^{11} \text{ m}^{-3}$ ), ndërsa boshtet vertikale paraqesin lartësinë (km).

Hulumtimi ynë ka treguar rezultate të ndryshme të profilit vertikal të densitetit të elektroneve në jonosferën polare, për kohë të ndryshme të vërtetimit por shumë të përfaqshme (e rendit një minutë), para dhe pas një ngjarje tejet të theksuar të zmadhimit të spektrave jon-akustikë, të regjistruar me radarin jokohorent ESR 42m. Vlerat e densitetit të elektroneve tregojnë një shtim të densitetit të elektroneve përgjatë pjesës më të madhe të profilit vertikal të jonosferës, profil

që korrespondon me regjistrimin e vijave spektrale të zmadhuara. Rritja më e theksuar e densitetit vërehet përgjatë nënshtresës F1 dhe F2 dhe sipër nënshtresës F2. Piku i vlerave të densitetit është i pozicionuar në lartësinë 322.4 km, respektivisht në nënshtresën F2 të shtresës F të jonosferës. Densiteti në atë lartësi është rritur me  $0.29 \times 10^{11} m^{-3}$  ose mbi 17%. Rritja e menjëhershme e vlerave të densitetit, ka ndodhur si pasojë e “reshjeve” apo precipitimit të elektroneve energjetike me vlerë deri në 1keV, gjë që ka shkaktuar destabilizimin e valëve jon-akustike në jonosferën e Tokës, të cilat janë regjistruar, me radarë jokohorentë, në formën e spektrave jon-akustikë të zmadhuar.

**Falënderojmë institucionet:** EISCAT dhe UK-EISCAT me seli në Rutherford Appleton Laboratory, Harwell Oxford, Didcot, OX11 0QX, UK.

### Literatura

Beynon, WJG. & Williams, PJS (1978): Incoherent scatter of radio waves from the ionosphere. Rep. Prog. Phys., Vol. 41

Blixt, E. M., Grydeland, T., Ivchenko, N., Hagfors, T., La Hoz, C., Lanchester, B. S., Løvhaug, U. P., & Trondsen, T. S., (2005): Dynamic rayed aurora and enhanced ion-acoustic radar echoes, Ann. Geophys., 23, 3–11

Brown. R. R., (1996): Electron Precipitation in the Auroral Zone. Space Science Reviews, Volume 5, Issue 3. 311-387

Dalipi, B., Sylva, N., (2013): Statistical studies of morphological variations of power spectral density contained in EISCAT Svalbard data. RENS2013. Proceedings, Volume I, ISBN 987-9928-4135-5-0

Dalipi, B., (2014): The morphology of naturally enhanced ion-acoustic lines observed in ESR 42m data. Journal of Scientific Research and Reports, ISSN: 2320–0227, Vol. 3, Issue 1. 234-254

Forme, F. R. E. and Fontaine, D. (1999): Enhanced ion acoustic fluctuations and ion outflows, Ann. Geophys., 17, 182–189

Grydeland, T., E. M. Blixt, U. P. Løvhaug, T. Hagfors, C. La Hoz, T. S. Trondsen, (2004): Interferometric radar observations of filamented structures due to plasma instabilities and their relation to dynamic auroral rays, Ann. Geo. 22(4), 1115-1132.

Lehtinen M.S., Huuskonen A., (1996): General incoherent scatter analysis and GUIDAP. J. Atmos. Terr. Phys., 58(1-4), 435-452

Lehtinen, M.S., Huuskonen, A., Pirttilä J., (1996): First experiences of full-profile analysis with GUIDAP. Ann. Geophysicae 14, 1487-1495

Lockwood, M., K. Suvanto, K.J. Winser, S.W.H. Cowley, D.M. Willis (1989): Incoherent scatter radar observations of non-Maxwellian ion velocity distributions in the auroral F-region. Advances in Space Research; DOI:10.1016/0273-1177(89) 90348-7

Lunde J, B. Gustavsson, U.P. Lovhaug, D.A. Lorentzen, Y. Ogawa, (2007): Particle precipitations during NEIAL events: simultaneous ground based observations at Svalbard. *Annales Geophysicae* 25, 1323-1336

Lunde, J., Lvøhaug, U. P., Gustavsson, B. (2009): Particle precipitation during NEIAL events: simultaneous ground based nighttime observations at Svalbard. *Ann. Geophys.* 27: 2001-2010

Lunde, J., (2009): Dissertation. Particle precipitation: Effects on selected ionospheric phenomena. PhD. University of Tromsø. Norway

Rietveld, M.T., P.N. Collis and J.-P. St. Maurice, (1991): Naturally enhanced ionacoustic waves in the auroral ionosphere observed by the EISCAT 933 MHz radar, *Journal of Geophysical Research.*, 96, 19291-19305

Sedgemore-Schulthess, K. J. F., M. Lockwood, T. S. Trondsen, B. S. Lanchester, M. H. Rees, D. Lorentzen, and J. Moen, (1999): Coherent radar spectra and field-aligned currents. *J. Geophys. Res*

Strømme, A., Belyey, V., Grydeland, T., La Hoz, C., Løvhaug, U.P., and Isham, B. (2005): Evidence of naturally occurring wave-wave interactions in the polar ionosphere and its relation to naturally enhanced ion acoustic lines, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L05103, doi:10.1029/2004GL020239

Sullivan, J.M., Lockwood, M., Lanchester, B.S., Kontar, E.P., Ivchenko, N., Dahlgren, H. and Whiter, D.K., (2008): An optical study of multiple NEIAL events driven by low energy electron precipitation. *Annales Geophysicae*, 26. 2435-2447

Wahlund, J.E., Opgenoorth, H.J., Forme, F.R.E., Persson, M.A.L., Haggstrom, I., and Lilensten, J., (1993): Electron energization in the topside auroral ionosphere: on the importance of ion-acoustic turbulence, *J. Atmos. Terr. Phys.*, 55, 623–645

Wannberg, G., Wolf, I., Vanhainen, L.G., Koskenniemi, K., Röttger J., Postila M., Markkanen, J., Jacobsen, R., Stenberg, A., Larsen, R., Eliassen, S., Heck, S., Huuskonen, A., (1997): The EISCAT Svalbard radar: A case study in modern incoherent scatter radar system design. *Radio Science*. 6. 2283-2307