

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის

ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

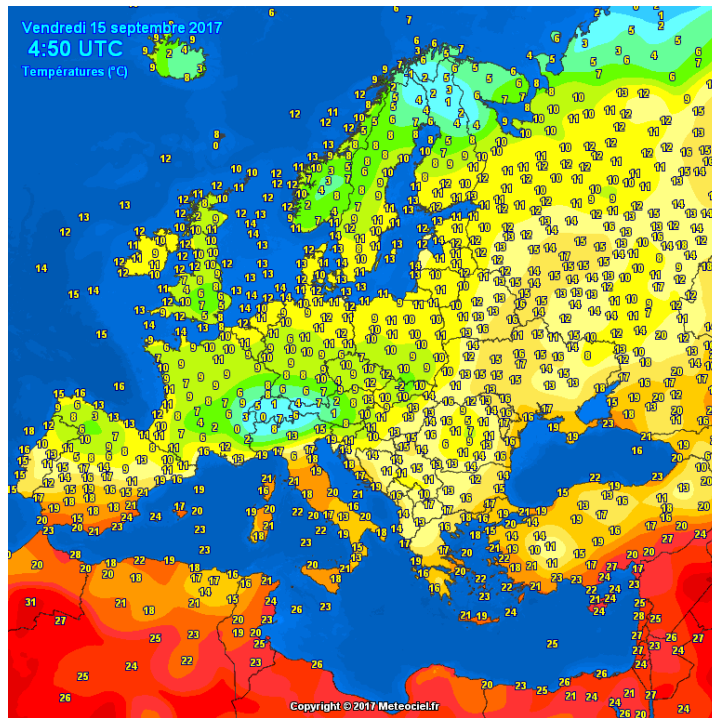
შოშრო № IHM-17-36-GTU- CD-5259

„ვამტკიცებ“

დირექტორი ტექ. აკად. დოქტორი

----- თ.ცინცაძე

25 დეკემბერი 2017



უაკ: 551.501.8

ამინდის და კლიმატის რეგიონალური მრავალმოდულიანი საპროგნოზო
მეთოდების დამუშავება საქართველოს პირობებისათვის

(დასკვნითი ანგარიში)

ამინდის პროგნოზირების, ბუნებრივი
და ტექნოგენური კატასტროფების
მოდელირების განყოფილების გამგე
ფიზ.-მათ. აკად. დოქტორი

მ. ტატიშვილი

თბილისი

2017

შემსრულებლები

მ.ტატიშვილი -თემის ხელმძღვანელი

დ.დემეტრაშვილი

ი.მკურნალიძე

ი.სამხარაძე

ლ.ჩინჩალაძე

რეფერატი

საკვანძო სიტყვები: თანამგზავრული ინფორმაცია, გეომაგნიტური ინდექსები, მაგნიტური ველის მოდელი

ანგარიში შესდგება, შინაარსის, რეფერატის, შესავალის, 4 თავის და დანართის, 7 ცხრილის და 8 ნახაზისგან. გვერდების რაოდენობა-64

დედამიწის ატმოსფერო წარმოადგენს გაზეხის ფენას, რომლებსაც გრავიტაცია აკავებს დედამიწის გარშემო. ატმოსფერო იცავს სიცოცხლეს დედამიწაზე, მზის ულტრაიისფერო გამოსხივების აბსორბციით, რითაც ათბობს ზედაპირს სითბოს შეკავების მექანიზმით (სათბური ეფექტი) და თან დღისა და ღამის ტემპერატურების ექსტრემუმებს ამცირებს. საინტერესოა ატმოსფეროს უკიდურესი გარე ფენა-მაგნიტოსფერო, სადაც დამუხტული ნაწილაკების მოძრაობას აკონტროლებს მაგნიტური ველი, რადგან ურთიერთდაჯახების სისშირე მცირეა. იონოსფერო რეაგირებს სხვადასხვა მოვლენებზე, როგორცაა ელჭექი, ვულკანური ამოფრქვევა, ტაიფუნი და სხვ. ელჭექებს მნიშვნელოვანი როლი აქვთ ენერჯის გადატანაში ატმოსფეროს დაბალი ფენებიდან იონოსფეროში და გლობალური ელექტრული წრედის შექმნაში. დედამიწის ზედაპირს უარყოფითი მოხტი აქვს, ხოლო ატმოსფეროს დადებითი. მთლიანად წრეზე ძლიერი გავლენა აქვს კოსმოსურ სხივებს, მაღალ-ენერგეტიკულ ტალღებს და დამუხტულ ნაწილაკებს, წარმოქმნილს მზის კორონალური ამოფრქვევებიდან

მას შემდეგ, რაც გაფართოვდა დედამიწის შესწავლა თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემებით, NASA, NOAA და EUMETSAT პროგრამების ფარგლებში განხორციელდა თანამგზავრების გაშვება, აღჭურვილებს სხვადასხვა ტიპის სენსორებით, აქტუალური გახდა იონოსფეროს ამინდის ამოცანა, რომლის მიხედვით დედამიწაზე ამინდის ჩამოყალიბება იწყება ატმოსფეროს მაღალ ფენებში.

NASA -ს მაგნიტური ველის სადამკვირვებლო თანამგზავრები MMS, THEMIS და მზეზე დაკვირვების თანამგზავრები SOHO, SDO, SOLAR PROBE და სხვ. გაშვების შემდეგ განუწყვეტლივ გადმოსცემენ ინფორმაციას მზის პარამეტრების ცვალებადობაზე, კოსმოსური სხივების მახასიათებლებზე და დედამიწის მაგნიტური ველის შეშფოთებებზე. გეომაგნიტური ინდექსები მნიშვნელოვანი პარამეტრია ამინდის საპროგნოზო მეთოდებში. მათ სიმძლავრეზეა დამოკიდებული გლობალური ცირკულაციური პროცესების განვითარება და ლოკალური ამინდის ჩამოყალიბება. დედამიწის მაგნიტოსფეროს მოდელის (WMM) საშუალებით ხდება მოსალოდნელი ველის მონიტორინგი და გეომაგნიტური შტორმების პროგნოზირება.

შექმნილია გეომაგნიტური ინდექსების და მეტეოროლოგიური პარამეტრების (ნალექები, ტემპერატურა, ქარი) მონაცემთა ბაზა 2014-17წ-თვის. მონაცემთა ანალიზიდან ცხადი ხდება გეომაგნიტური შტორმების გავლენა ლოკალური ამინდის წარმოქმნაზე.

შინაარსი	
რეფერატი	3
შესავალი	5
1. კვლევის აქტუალობა, კვლევის სიახლე და პრობლემის ფორმულირება	7
2. კვლევის მიზნები და ამოცანები	10
3. კვლევის მეთოდოლოგია და მონაცემები	16
4. კვლევის შედეგები და დასკვნები	24
დანართი	
ლიტერატურა	63

შესავალი

დედამიწის ატმოსფერო წარმოადგენს გაზების ფენას, რომლებსაც გრავიტაცია აკავებს დედამიწის გარშემო. ატმოსფერო იცავს სიცოცხლეს დედამიწაზე, მზის ულტრაიისფერო გამოსხივების აბსორბციით, რითაც ათბობს ზედაპირს სითბოს შეკავების მექანიზმით (სათბური ეფექტი) და თან დღისა და ღამის ტემპერატურების ექსტრემუმებს ამცირებს. საინტერესოა ატმოსფეროს უკიდურესი გარე ფენა-მაგნიტოსფერო, სადაც დამუხტული ნაწილაკების მოძრაობას აკონტროლებს მაგნიტური ველი, რადგან ურთიერთდაჯახების სისშირე მცირეა. იონოსფერო რეაგირებს სხვადასხვა მოვლენებზე, როგორცაა ელჭექი, ვულკანური ამოფრქვევა, ტაიფუნი და სხვ. ელჭექებს მნიშვნელოვანი როლი აქვთ ენერჯის გადატანაში ატმოსფეროს დაბალი ფენებიდან იონოსფეროში და გლობალური ელექტრული წრედის შექმნაში. დედამიწის ზედაპირს უარყოფითი მოხტი აქვს, ხოლო ატმოსფეროს დადებითი. მთლიანად წრეზე ძლიერი გავლენა აქვს კოსმოსურ სხივებს, მაღალ-ენერგეტიკულ ტალღებს და დამუხტულ ნაწილაკებს, წარმოქმნილს მზის კორონალური ამოფრქვევებიდან [1].

1960 წლამდე ითვლებოდა, რომ დედამიწის მაგნიტური ველი მარტივ დიპოლს წარმოადგენდა. ჯერ კიდევ უცნობია რა წარმოქმნის მაგნიტურ ველს, გარდა იმ ფაქტისა, რომ დედამიწის ბირთვში შესაძლოა ცირკულირებდეს დენები, დაკავშირებული თხევად ბირთვთან. მას შემდეგ რაც დაფიქსირდა მზის ქარი, რომელსაც გადააქვს მზის მაგნიტური ველი, დედამიწის მაგნიტური ველი დაკავშირდა მზესთან. მზის ქარი წარმოქმნის წნევას ველზე და მზისკენ მიმართული მხარის გასწვრივ ხდება მისი ძალწირების წაგრძელება გრძელი შლეიფის სახით. ასეთ კონფიგურაციას მაგნიტოსფერო ეწოდება [2]. შლეიფის სიგრძე დაახლოებით 10 დედამიწის რადიუსის სიგრძისაა. მაგნიტოსფერო შეიცავს სხვადასხვა სიმკვრივის და ტემპერატურის პლაზმას, რომელიც მზის ქარისგან და იონოსფეროსგან წარმოიქმნება. მზის გაწველილ მაგნიტურ ველს პლანეტაშორისო მაგნიტური ველი ეწოდება და დედამიწის მაგნიტურ ველთან ერთად ქმნის პოლარულ რეგიონებს დედამიწაზე. მზის და დედამიწის მაგნიტური ველების კავშირს მაგნიტური შეკავშირება ეწოდება და ხშირად ხდება. მზის ქარის ნაწილაკები მაგნიტოსფეროში შეღწევის ამ შეკავშირებით ახერხებენ და შემდეგ გადაადგილდებიან გეომაგნიტური ძალწირების გასწვრივ. დადებითი იონები და ელექტრონები მიჰყვებიან ამ ძალწირებს და წარმოქმნიან ეგრეთ წოდებულ ველზე-სწორებულ დენს. მზის ქარი და მაგნიტოსფერო მოქმედებს როგორც გენერატორი და გარდაქმნის ნაწილაკების კინეტიკურ ენერჯიას ელექტრულში. ამ ელექტრული ველის ენერჯია აჭარბებს 10^{12} ვატს.

როდესაც დედამიწიდან 50000 კმ სიმაღლეზე მზის ქარი ურთიერთქმედებს მაგნიტურ ველთან წარმოიქმნება 100000 ვ. ელექტრომაგნიტური ტალღები. შემდეგი სამი ტიპის მოვლენას წარმოქმნის ეფექტებს დედამიწაზე: აფეთქებები მზეზე, კორონალური ამოფრქვევები და დედამიწისკენ მიმართული ხვრელები მზეზე. ეს მოვლენები იწვევენ გეომაგნიტურ შტორმებს დედამიწაზე.

მას შემდეგ, რაც დაიწყო დედამიწის შესწავლა თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემებით, NASA, NOAA და EUMETSAT პროგრამების ფარგლებში განხორციელდა თანამგზავრების გაშვება, აღჭურვილს სხვადასხვა ტიპის სენსორებით, აქტუალური გახდა იონოსფეროს ამინდის ამოცანა.

NASA -ს მაგნიტური ველის სადაკვირვებლო თანამგზავრები MMS, THEMIS და მზეზე დაკვირვების თანამგზავრები SOHO, SDO, SOLAR PROBE და სხვ. გაშვების შემდეგ განუწყვეტლივ გადმოსცემენ ინფორმაციას მზის პარამეტრების ცვალებადობაზე, კოსმოსური სხივების მახასიათებლებზე და დედამიწის მაგნიტური ველი შემოფოთებებზე. მას შემდეგ რაც განხორციელდა ვან ალენის რადიაციული სარტყლების ზონების გაშვება, დედამიწის გარშემო დაფიქსირდა მაღალი ენერჯიის ელექტრონების რკალი, რომელიც რამოდენიმე საათში დაიშალა. მათ დიდი გავლენა იქონიეს დედამიწის ელექტრო-მაგნიტურ მახასიათებლებზე.

შემოჭრილი სხვადასხვა დამუხტული ნაწილაკები მოქმედებენ, როგორც ღრუბლის კონდენსაციის ბირთვები, ზრდიან ღრუბლის საფარს და მოსულ თხევად და მყარ ნალექს ლოკალურ რეგიონებში. ამასთან დამუხტული ნაწილაკები ამ იერებენ ელექტრულ ველს, რაც გამოიხატება ელჭექების ინტენსივობის გაზრდაში.

იონოსფეროს ამინდი პროგნოზისთვის ფართო გამოყენება ჰპოვა ახალმა ელექტრონების სრული შემცველობის (Total Electron Content) რუკებმა, რომლებსაც NASA გადმოსცემს ელექტრონების სრული შემცველობა არის მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი პარამეტრიც. ეს არის თავისუფალი ელექტრონების სრული რაოდენობა ინტეგრირებულს 1მ^2 განიკვეთის ფართობის მქონე ცილინდრში, დაკვირვების ადგილიდან (თანამგზავრიდან) მიმდებამდე. ეს რუკები იონოსფეროს ამინდის მონიტორინგისა და იონოსფეროს შტორმების პროგნოზისთვის გამოიყენება.

გეომაგნიტური შტორმების დასახასიათებლად შემოტანილია გეომაგნიტური ინდექსები K,G. დედამიწის მაგნიტური ერთ-ერთი მოქმედი მოდელი (World Magnetic Model) რომელიც შეიქმნა აშშ. თავდაცვის სამინისტროს, დიდი ბრიტანეთის თავდაცვის სამინისტროს, ნატოს და საერთაშორისო ჰიდროგრაფიული ორგანიზაციის მიერ გამოიყენება ველის მონიტორინგის, ინტენსივობის ცვლილების და მეცნიერული მიზნებისათვის. მიმდინარე მოქმედი მოდელი შეწყვეტს ფუნქციონირებას 2020წ

მზე-დედამიწის გარემოს მოდელირება საკმაოდ რთული ამოცანაა, რადგან სტანდარტული თერმო-ჰიდროდინამიკის გარდა დამატებით შემოდის მაქსველის ელექტრომაგნეტიზმის განტოლებები ეგრეთ წოდებული მაგნეტოჰიდროდინამიკა, რომლის განტოლებებიც სადღეისოდ ანალიზურად სრულად ვერ იხსნება. არსებობს რიცხვითი ამოხსნები, რომლებიც არაკორექტულ შედეგს იძლევა და უკეთეს შემთხვევაში მიახლოებებია. ცხადი ხდება, რომ ფიზიკური პროცესები სრულად კარგად არ არის გააზრებული და საჭიროებს განვითარებას

დედამიწის მაგნიტური ველი წარმოადგენს ფარს, რომელიც იცავს კოსმოსური მოკლეტალღიანი გამოსხივებისგან და მუდმივად იმყოფება დიდი ზემოქმედების ქვეშ. იგი განსაკუთრებით ზიანდება მზის კორონალური ამოფრქვევების, მზის ლაქების, მზის მაგნიტური ველის და კოსმოსური სხივებისგან. დამუხტული ნაწილაკები: პროტონები, ელექტრონები, მეზონები, დადებითი დაუარყოფითი იონები და ნეიტრონები იწვევენ მაგნიტური ველის ძალწირების წყვეტად და შემოიჭრებიან ატმოსფეროში. პოლუსებზე ისინი იწვევენ ეგრეთ ციხლს ეგრეთ წოდებულ ურორა ორეალის, დედამიწაზე კი გეომაგნიტურ ქარიშხლებს, რომლებიც დიდ როლს თამაშობენ გლობალური და რეგიონული ამინდის ჩამოყალიბებაში.

მზის ქარი, მზის კორონალური ამოფრქვევები და კოსმოსური გამოსხივება დედამიწის მაგნიტურ ველთან ურთიერთქმედებისას გაარღვევს და ატმოსფეროში იჭრებიან სხვადასხვა დამუხტული ნაწილაკები. ისინი მოქმედებენ როგორც ღრუბლის კონდენსაციის ბირთვები და იწვევენ ღრუბლის საფარის გაზრდას, ასევე მოქმედებენ, როგორც წვიმის და ყინულის კრისტალების წარმოქმნელი დამატებითი ბირთვები, რაც იწვევს ნალექის გაზრდას კონკრეტულ ადგილებში ასევე დამუხტული ნაწილაკები ატმოსფეროში აძლიერებენ ელექტრულ ველს რაც გამოიხატება ელჭექების ინტენსივობის ზრდაში.

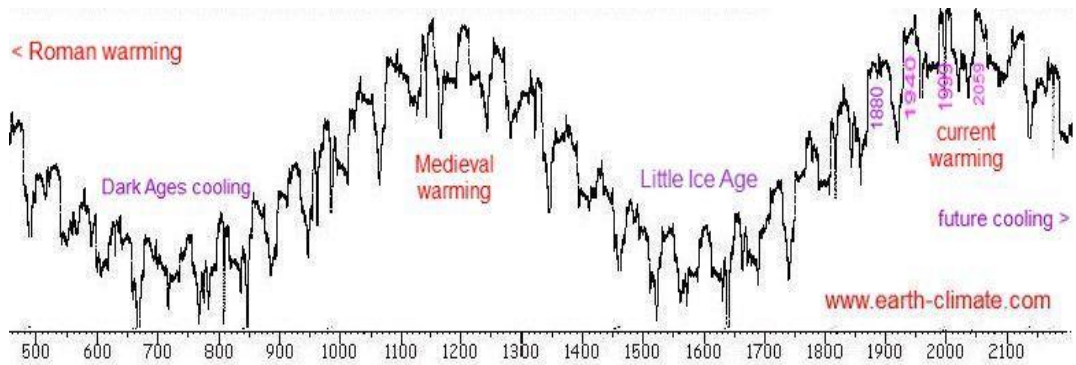
შტორმების დასახასიათებლად შემოტანილია გეომაგნიტური ინდექსები , G,K, რომლებიც მის სიძლიერეს გამოსახავენ (<http://SunSpotWatch.com>). ცხრილში მოყვანილია ინდექსების და მეტეოროლოგიური პარამეტრების მნიშვნელობები შემფოთებული დღეებისათვის

როგორც დანართში მოყვანილი ცხრილებიდან ჩანს, გეომაგნიტურ შტორმებს ყოველთვის ახლავს ამინდის მკვეთრი ცვლილება, ნალექების რაოდენობის გაზრდა, ქარის სიჩქარის მატება.

1. კვლევითი თემის აქტუალობა, კვლევის სახელე და პრობლემის ფორმულირება

NASA -ს მაგნიტური ველის სადაკვირვებლო თანამგზავრები MMS, THEMIS და მზეზე დაკვირვების თანამგზავრები SOHO, SDO, SOLAR PROBE და სხვ. გაშვების შემდეგ განუწყვეტლივ გადმოსცემენ ინფორმაციას მზის პარამეტრების ცვალებადობაზე, კოსმოსური სხივების მახასიათებლებზე და დედამიწის მაგნიტური ველი შეშფოთებებზე. მას შემდეგ რაც განხორციელდა ვან ალენის რადიაციული სარტყლების ზონდების გაშვება, დედამიწის გარშემო დაფიქსირდა მაღალი ენერჯიების ელექტრონების რკალი, რომელიც რამოდენიმე საათში დაიშალა. მათ დიდი გავლენა იქონიეს დედამიწის ელექტრო-მაგნიტურ მახასიათებლებზე.

მიღებული ახალი მონაცემების საფუძველზე, შესაძლებელია ახლებურად მოხდეს ამინდის და კლიმატის ფორმირების და განვითარების ამოცანები. კლიმატის თანამედროვე ცვლილების გამომწვევ მიზეზებს გარდა სათბური გაზების ემისიისა დაემატა ბუნებრივი გამომწვევი მიზეზები, რომელთა წილი მეტია ვიდრე ანტროპოგენული დატვირთვისა. ახალი მონაცემებით ჩატარებული კვლევი ადასტურებს იმ ფაქტს, რომ კლიმატის ცვლილება, მისი ციკლურობა მიჰყვება მზის ციკლებს. დედამიწის გასაშუალოებული ტემპერატურისა და მზის რადიაციის ვარიაციების მრავალწლიანი (მრავალ საუკუნოვანი) კვლევა ადასტურებს, რომ გამყინვარების/დათბობის ციკლები მზის ციკლებს მიჰყვება. ამჟამად ჩვენ ვიმყოფებით მორიგ დათბობის ციკლში, რომელიც უკვე მიღვად ფაზაშია და 2100წ. გაციების ფაზაში გადავა.



მზიდან მომდინარე რადიაციისა და ნაწილაკების ეფექტები დედამიწისათვის დამღუპველი იქნებოდა, რომ არა ორი დამცავი მექანიზმი. პირველი არის დედამიწის ატმოსფერო, რომელიც ბლოკავს x- სხივებს და ულტრაიისფერი რადიაციის უმრავლესობას. როდესაც x-სხივები ან ულტრაიისფერი ფოტონები აწყდებიან ატმოსფეროს ისინი ხვდებიან მოლეკულებს და შეიწოვებიან მის მიერ, რაც იწვევს მათ იონებად გარდაქმნას;

მეორე დამცავი მექანიზმი დედამიწის მაგნიტური ელია. ეს იცავს ცოცხალ ორგანიზმს დამუხტული ნაწილაკებისაგან როდესაც დამუხტული ნაწილაკები ხვდებიან მაგნიტურ ველს, ისინი ძირითადად მოძრაობენ ველის ხაზების გასწვრივ. მხოლოდ მაშინ, როდესაც ნაწილაკთა ტრაექტორია არის ველის პარალელური შეიძლება განისაზღვროს მისი ტრაექტორია. თუ ნაწილაკი მოძრაობს ველის ძალწირების გასწვრივ ეს იქნება ლორენცის ძალის მიერ წრიულ ან სპირალურ გზაზე მოძრაობის ტრაექტორია. დამუხტული ნაწილაკების უმრავლესობა მზის ქარში დაკავშირებულია

დედამიწის მაგნიტურ ველთან, ამ ადგილს უწოდებენ მაგნიტოპაუზას, მაგნიტოპაუზის შიგნით დედამიწის მაგნიტურ ველს აქვს დომინანტი ეფექტი ნაწილაკების მოძრაობაზე, გარეთ კი მზის ქარის მაგნიტურ ველს აქვს კონტროლი.

1960 წლამდე, დედამიწის მაგნიტური ველი, რომელსაც გეომაგნიტური ველი ეწოდა, ფიქრობდნენ, რომ იყო მარტივი დიპოლური ველი. თუმცა რა თვისებები იცოდნენ მაშინ გეომაგნიტური ველის შესახებ ჩვენთვის უცნობია, მთავარია, რომ მზის ქარების აღმოჩენით ფიზიკოსები მიხვდნენ, რომ დედამიწის მაგნიტური ველი მზისგან დაშორებულია. მზის ქარი ახდენს ზეწოლას დედამიწის მაგნიტურ ველზე, რომელიც კუმშავს მას. მთლიანობაში ეს ერთობლიობა ქმნის მაგნიტოსფეროს. მზის მხარეს მზის ქარი კუმშავს მაგნიტოსფეროს 10 დედამიწის რადიუსის ტოლ მანძილზე, ხოლო ქარზურგა მხარეს იგი გადაჭიმულია 1000 დედამიწის რადიუსის მეტ მანძილზე. მაგნიტოსფერო შევსილია სხვადასხვა სიმკვრივისა და ტემპერატურის პლაზმით, რომელიც წარმოიქმნება მზის ქარიდან და იონოსფეროდან.

იონოსფერო არის დედამიწის ატმოსფეროს უაღრესად დამუხტული ფენა, რომელიც ატმოსფერულ მოლეკულებზე მზის რადიაციის მაიონებელი ეფექტის შედეგად იქმნება. 1960-იანი წლების დასაწყისში, ფიზიკოსებმა გააცნობიერეს, რომ მზის ქარი ახორციელებს მზის მაგნიტურ ველს, რომელიც მზის სისტემაზე შორსაც შესაძლებელია აღწევდეს. მზის მაგნიტური ველის გაფართოება ეწოდება ინტერპლანეტურ მაგნიტურ ველს და მას შეუძლია გეომაგნიტური ველის ხაზები შეაერთოს დედამიწის პოლარულ ნაწილში. მზისა და დედამიწის მაგნიტური ველების გაერთიანებას ეწოდება მაგნიტური რეკონსტრუქცია. მზისა და დედამიწის მაგნიტური ველის რეკონსტრუქციის მეშვეობით მზის ქარის ნაწილაკები აღწევენ დედამიწაზე და გადაადგილებიან მაგნიტური ველის წირების გასწვრივ.

დადებითი იონები და ელექტრონები მიჰყვებიან მაგნიტური ველის ძალწირებს (საპირისპირო მიმართულებით), და წარმოქმნიან მოწესრიგებულ ნაკადებს (დენებს). მზის ქარი და მაგნიტოსფეროს ფორმა ქმნის ელექტრულ გენერატორს, რომელიც მზის ქარის ნაწილაკთა კინეტიკურ ენერჯიას გარდაქმნის ელექტრო ენერჯიად. ამ მაგნიტოჰიდროდინამიკური გენერატორის მიერ წარმოქმნილი სიმძლავრე შეიძლება აღემატებოდეს 10¹² ვატს, რომელიც უდრის ამერიკის შეერთებულ შტატებში ენერჯიის მოხმარების საშუალო მაჩვენებელს! მაგნიტოსფეროში ძალიან რთული კომპლექსური პლაზმა და დენები ჯერ კიდევ ბოლომდე შესწავლილი არ არის.

დედამიწის პოლარული რეგიონების ირგვლივ ქმნიან იონოსფერო არის დედამიწის ატმოსფეროს უაღრესად დამუხტული ფენა, რომელიც ატმოსფერულ მოლეკულებზე მზის რადიაციის მაიონებელი ეფექტის შედეგად იქმნება. 1960-იანი წლების დასაწყისში, ფიზიკოსებმა გააცნობიერეს, რომ მზის ქარი ახორციელებს მზის მაგნიტურ ველს, რომელიც მზის სისტემაზე შორსაც შესაძლებელია აღწევდეს. მზის მაგნიტური ველის გაფართოება ეწოდება ინტერპლანეტურ მაგნიტურ ველს და მას შეუძლია გეომაგნიტური ველის ხაზები შეაერთოს დედამიწის პოლარულ ნაწილში. მზისა და დედამიწის მაგნიტური ველების გაერთიანებას ეწოდება მაგნიტური რეკონსტრუქცია. მზისა და დედამიწის მაგნიტური ველის რეკონსტრუქციის მეშვეობით მზის ქარის ნაწილაკები აღწევენ დედამიწაზე და გადაადგილებიან მაგნიტური ველის წირების გასწვრივ.

დადებითი იონები და ელექტრონები მიჰყვებიან მაგნიტური ველის ხაზებს (საპირისპირო მიმართულებით), და აწარმოებენ მოწესრიგებულ ნაკადებს (დენებს). მზის ქარი და მაგნიტოსფეროს ფორმა ქმნის ელექტრულ გენერატორს, რომელიც მზის ქარის ნაწილაკთა კინეტიკურ ენერჯიას გარდაქმნის ელექტრო ენერჯიად. ამ მაგნიტოჰიდროდინამიკური გენერატორის მიერ წარმოქმნილი სიმძლავრე შეიძლება აღემატებოდეს 10¹² ვატს, რომელიც უდრის ამერიკის შეერთებულ შტატებში ენერჯიის მოხმარების საშუალო მაჩვენებელს! მაგნიტოსფეროში ძალიან რთული კომპლექსური პლაზმა და დენები ჯერ კიდევ ბოლომდე შესწავლილი არ არის.

ზოგიერთი ნაწილაკები იონოსფეროში გააქტიურდებიან და დედამიწის პოლარული რეგიონების ირგვლივ ქმნიან ოვალურ ფორმას, რასაც ავრორას ოვალი ეწოდება. ავრორას ოვალი გამოწვეულია იონოსფეროში ელექტრონების შეჯახებით

მოლეკულებთან.. ამ შეჯახებების შედეგად ხდება გამოსხივება ფართო სპექტრის დიაპაზონში ინფრაწითელიდან ულტრაიისფერამდე. ყველაზე გავრცელებული აურორას გაფრქვევა არის მოთეთრო მწვანე შუქი 558 ნმ სიგრძით, რომელიც ატომური ჟანგბადის მიერ არის წარმოებული. არაჩვეულებრივი ღამაში ვარდისფერი ემისია მოდის აზოტის მოლეკულებიდან. მოლეკულური ალგუნებისაგან წარმოშობილი ფერად, მოძრავი ფარდებს კარგად იცნობს ხალხს შორეულ ჩრდილოეთ და სამხრეთ განედებზე, თუმცა ისინი დედამიწის ნებისმიერი წერტილდანაც ჩანს. ჩრდილოეთ ნათებას ეწოდება აურორა ბორეალის, სამხრეთ ნათებას კი აურორა აუსტრალის.

დედამიწის პოლარული რეგიონების ირგვლივ ქმნიან ოვალურ ფორმას, რასაც აურორას ოვალი ეწოდება. აურორას ოვალი გამოწვეულია იონოსფეროში ელექტრონების შეჯახებით მოლეკულებთან. ამ შეჯახებების შედეგად ხდება გამოსხივება ფართო სპექტრის დიაპაზონში ინფრაწითელიდან ულტრაიისფერამდე. ყველაზე გავრცელებული აურორას გაფრქვევა არის მოთეთრო მწვანე სინათლე 558 ნმ სიგრძით, რომელიც ატომური ჟანგბადის მიერ არის წარმოქმნილი. არაჩვეულებრივი ღამაში ვარდისფერი ემისია მოდის აზოტის მოლეკულებიდან. მოლეკულური ალგუნებისაგან წარმოშობილი დიდ ფერად, მოძრავ ფარდებს კარგად იცნობს ხალხს შორეულ ჩრდილოეთ და სამხრეთ განედებზე, თუმცა ისინი დედამიწის ნებისმიერი წერტილდანაც ჩანს. ჩრდილოეთ ნათებას ეწოდება აურორა ბორეალის, სამხრეთ ნათებას კი აურორა აუსტრალის.

1900 წლების დასაწყისში მეცნიერები ვარაუდობდნენ, რომ აურორას-ციალის ეფექტი და დედამიწის მაგნიტური ველის ცვალებადობა დაკავშირებულია სხვადასხვა სახის ნაკადებთან, რომლებიც მიმდინარეობს ატმოსფეროში. დღეისათვის ცნობილია, რომ ბევრი ნაკადები რომლებიც მიედინება მაგნიტოსფეროში გამოწვეულია დედამიწის მაგნიტური ველისა და მზის ქარის ურთიერთგავლენით. როდესაც მზის ქარი ეჯახება დედამიწის მაგნიტურ ველს დედამიწიდან 50 000 კმ-ზე მანძილზე, გენერირდება დაახლოებით 100,000 ვოლტი ელექტრომამოძრავებელი ძალა (EMF). ეს ელექტრომამოძრავებელი ძალა (EMF) ვრცელდება მაგნიტოსფეროსა და დედამიწის ზედა ატმოსფეროში. მზე-ქარი-გენერირებული EMF-ის ნაწილი, რომელიც უტოლდება 10,000 ვოლტს, აჩქარებს ელექტრონების მაგნიტური ველის ხაზებს ქვემოთ იონოსფეროში. ეს ელექტრონები თავდაპირველად მოგზაურობენ ჰორიზონტალურად და შემდეგ უკან ბრუნდებიან ზედა ატმოსფეროში და ქმნიან ჩაკეტილ წრედს. მიუხედავად იმისა, რომ ეს წრედი მსგავსია უბრალო მიკროსქემისა, იგი ძალიან რთულია, რადგან ეს სამგანზომილებიანი სივრცეა და მერყეობს მზის ქარის ინტენსივობის ცვლილების დროს. ამ გიგანტურ გენერატორში წარმოქმნილი საერთო სიმძლავრე შეიძლება იყოს 3×10^{12} ვატი.

დიდი სიჩქარის ელექტრონების ნაკადის ბოლოსთან ახლოს, რომელიც ატმოსფეროს მოლეკულებთან და ატომებთან დაჯახების დროს იწვევს აურორას ეფექტს. ასეთი ძლიერი აურორას გაფრქვევები მოდის დაახლოებით 100 კმ სიმაღლიდან. როგორც ნებისმიერი მარტივი წრედი ენერგია იფანტება როგორც ელექტრონების ნაკადი ჩაკეტილი წრის გარშემო. ასეთი ენერგიები ჩვენამდე ჩანს, როგორც აურორას ნათება, მაგრამ უმეტესად ეს ენერგია წარმოდგენილია თერმული ენერგიის სახით- რაც ხმარდება ატმოსფეროს გათბობას. გარდა ამისა მნიშვნელოვანი შედეგი არის ის, რომ როგორც ჩაკეტილი წრედი ის ქმნის მაგნიტურ ველს, ეს ველი ვრცელდება ქვემოთ დედამიწის ზედაპირზე, სადაც მას ემატება გეომაგნიტური ველი, რომელიც გამოწვეულია ფლუქტუაციებით. მაგნიტურ ველში ამ ფლუქტუაციებს შეუძლია წარმოქმნას დენები დედამიწის ზედაპირზე. ეს ყველაფერი განისაზღვრება მზის ქარის ქცევით დედამიწასთან მიმართებაში, რომელსაც თავისთავად განსაზღვრავს მზეზე მიმდინარე მოვლენების სიძლიერე. როდესაც აურორას ეფექტი არის თვალსაჩინო, ეს

ნიშნავს, რომ მზის ქარიდან ძალიან დიდი ნაწილაკების ნაკადი შემოვიდა. ეს აგრეთვე ნიშნავს, რომ ჩვენი (დედამიწის) ელექტრული სისტემა დაზიანდა ან საერთოდ ჩაიშალა.

მზის ქარისა და დედამიწის გეომაგნიტური ველის ერთობლიობა დედამიწის ზედაპირზე სხვა უამრავ ეფექტს წარმოქმნის. მზის სისტემიდან მომდინარე სამი ტიპის ეფექტები გვხვდება ძირითადად: ამოფრქვეული ნაკადები, ქრობადი ფილამენტები და დედამიწისკენ მიმართული კორონალური ხვრელები (eruptive flares, disappearing filaments and coronal holes facing Earth).

გულკანური ნათებები - არის უმეტესად მოკლევადიანი მოვლენა, იგი შესაძლებელია გავრცელდეს რამდენიმე წუთიდან საათის განმავლობაში. ისინი უმეტესად გვხვდება იმ რეგიონებში სადაც მკვეთრია მაგნიტური ველის ცვლილება. ძნელია ზუსტად ამ მოვლენების თანმიმდევრობის მიდევნება, მაგრამ როდესაც ეს ნათებები ხდება პლაზმა იწყებს მზიდან აჩქარებულ მოძრაობას.

disappearing filaments -გრძელვადიანი ამოფრქვევები უმეტესად დაკავშირებულია ძაფისებრი გაუჩინარებასთან. ძაფები არის გრძელი, სიმების მსგავსი, (სურ. 3-6). ისინი დაკიდებულია ღრუბლებზე ქვედა ქრომოსფეროში დღეების ან კვირების განმავლობაში.

მზიდან მომდინარე მასის მესამე წყარო არის კორონალური ხვრელები, მაგნიტური ველის ხაზები ვრცელდება კორონალურიხვრელებიდან.. კორონალური ხვრელების ღია ველის სტრუქტურა მოქმედებს, როგორც დაბალი სიმკვრივის პლაზმური მილსადენი. კორონალური ხვრელები მზის პოლუსებთან მუდმივად ცხოვრობენ და მზის ქარი, რომლებიც ზოგადად ვერ ხვდება დედამიწაზე. მაგრამ მზის ზოგიერთი ბრუნვის დროს, კორონალური ხვრელები ფორმირდება ქვედა განედებზეც (სურათი 3-8) და ეს ქმნის დედამიწის ზედაპირზე დიდი რაოდენობით დამუხტული ნაწილაკების ნაკადების შემოსვლას.ჩვენ ახლა ვიცით, რომ საშუალო განედებზე კორონალური ხვრელები (როგორც წესი, ემთხვევა მზის აქტივობის ფაზის დროს) არის მაღალი სინქარიით მზის ქარის ნაკადების წყაროები, რომლებიც სინქრონშია დედამიწისა და მზის ბრუნვასთან. ადრე ამ განმეორებადი გეომაგნიტურიქარიშხლების (შტორმების) მიზეზი უცნობი იყო, ამიტომ რეგიონებს ეწოდა M- რეგიონები, M -იღუმალებისთვის. არა-განმეორებადი ძირითადი შტორმები და დიდი გეომაგნიტური შტორმები თითქმის ყოველთვის ასოცირდება კორონალური მასების ამოფრქვევასთან (CMEs).

რამდენიმე საუკუნის წინ, მზის შემფოთებების შედეგები მთლიანად შეუმჩნეველი იყო ადამიანისთვის. მაგრამ ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად, მეშვეობით, აშკარა გახდა, რომ მზეზე მიმდინარე პროცესები დარღვეულია. 1800-იან წლებიდან დაწყებული, როცა დაიწეს ადრეული სატელეგრაფო სისტემების მოხმარება, აღმოჩნდა, რომ ისინი სპონტანურად ექვემდებარებოდნენ უხილავ დენებს. ამჟამად, ადამიანის დამოკიდებულება ელექტრონულ ტექნოლოგიაზე გაიზარდა, რაც კიდევ უფრო დიდი საფრთხის ქვეშ აყენებს მას.

2. კვლევის მიზნები და ამოცანები

გეომაგნიტური ველის ნაკადი

როდესაც მზის ქარების ინტენსიური ნაკადი აღწევს დედამიწას, მაგნიტოსფეროში მიმდინარე პროცესები მკვეთრად იცვლება. ამ დროს დედამიწის ზედაპირზე მაგნიტოსფერო არის შეკუმშული და გეომაგნიტური ველი იწყებს მერყეობს. ამ მოვლენას ეწოდება გეომაგნიტური ქარიშხალი (geomagnetic storm). გეომაგნიტური ქარიშხალის დროს მზის ქარის ცვლილებების საპასუხოდ იონოსფერო სწრაფად იცვლება და წარმოიქმნება მაღალი დინამიური ნაკადები. ეს ნაკადები წარმოიქმნება საკუთარი მაგნიტური ველებისაგან, რომლებიც ერთიანდებიან დედამიწის მაგნიტურ

ველთან ზედაპირზე. შედეგად იცვლება მაგნიტური ველი, რომელიც წარმოქმნის დენებს. ამას უწოდებენ დენის გეომაგნიტურ ინდუქციას რაც ხშირად ადამიანისათვის არ არის შეუმჩნეველი. ინდუცირებული დენები უფრო ხშირად წარმოიქმნება მაღალ სიმაღლეებზე, აურორას ოვალთან ახლოს. წარმოქმნილ დენებს ახასიათებს ის თვისება, რომ ის გადის ურო მეტად არა ბუნებრივ, არამედ გაკეთებულ გამტარებში. მილსადენში, ეს დენები იწვევენ კოროზიას და წყაროს გაუმართაობას. პრობლემა უარესდება იმით, რომ გეომაგნიტური ინდუქციური დენები უმეტესწილად პირველადია, ხოლო ყველა ჩვენი ენერგეტიკული სისტემა ალტერნატიული დენებია. 1989 წლიდან დაწყებული ენერგოკომპანიები ძალიან შემოფოთებულნი არიან გეომაგნიტური ქარიშხლების გამო. უკეთესი გაფრთხილების შემთხვევაში, ელექტროსადგურებს შეუძლია დაიცვას თავი რაღაც დონეზე, მაგრამ ჯერ კიდევ არსებობს მოწყვლადობის მაღალი დონე. ელექტრული ინჟინრები ცდილობენ შექმნან დამცავი მექანიზმები. ამასთან გეომაგნიტური შემოფოთებები სულ უფრო დაბალ განედებს აღწევენ

პროგნოზირება და მზის ფიზიკის მომავალი.

სერიოზული ინტერესი მზის აქტივობის პროგნოზზე და მის დედამიწაზე გავლენაზე დაიწყო მეორე მსოფლიო ომის დროს. ელექტრონული ტექნოლოგიები, როგორცაა რადიომაუწყებლობა, რადარი და მაგნიტური წყალქვეშა გადამცემები, პირველად იყვნენ გამოყენებულნი და პირველად გაირკვა, რომ ეს ტექნოლოგიები შეიძლება სერიოზულად დაზიანდეს მზის შემოფოთებების შედეგად. ომის შემდეგ, უფრო მეტად განვითარდა ელექტრონული ტექნოლოგიები განსაკუთრებით კოსმოსური პროგრამების დაწყებასთან ერთად. 1950-იან წლებში არსებობდა პროგნოზირების გასაუმჯობესებლად მსოფლიო მასშტაბის რესურსები, მაგრამ 50-იან წლებში სსრკ-ს თანამგზავრების გაშვების და ცივი ომის დაწყებისთანავე დასრულდა. 1969 წლის მთვარის მისიის ფარგლებში, NASA ძლიერ იყო ჩართული ამ პროცესში, ასტრონავტების უსაფრთხოების გამო. მან პიკს მიაღწია 1973 წელს ერთად Skylab მისიების დროს. ამ პერიოდიდან მზის კვლევის ფინანსური მხარდაჭერა შემცირდა, მიუხედავად ამისა, ჩვენ გვჭირდება გაგზარდოთ მზის აქტივობის პროგნოზირების ხარისხი.

აღრე როდესაც ხდებოდა მზეზე ამოფრქვევების პროგნოზირება, ვარაუდობდნენ, რომ გეომაგნიტური ველის შემოფოთება დედამიწაზე აისახებოდა რამდენიმე საათის ან დღის განმავლობაში. ამიტომ თვლიდნენ, რომ პროგნოზირების გასაუმჯობესებლად აუცილებელი იყო მზის აქტივობის დროს დედამიწაზე მიმდინარე მოვლენებზე დაკვირვებები, ნათება და სხვა. მაგრამ აღმოჩნდა, რომ დედამიწაზე მიმდინარე ეფექტები არ არის თანხვედრაში მზეზე მიმდინარე მოვლენებთან. თუმცა როგორც გაირკვა დედამიწაზე ზოგიერთ თითქოსდა შეუმჩნეველი მოვლენის დროს(მაგ. მაგნიტური ქარიშხალი)მზეზე რამე განსაკუთრებული აქტივობა არ შეიმჩნეოდა.

დღეს ჩვენ ვიცით, თუ რა კავშირია მზის მაგნიტურ ველსა და დედამიწის გეომაგნიტურ ველს შორის, და თუ რა განსხვავებაა მზის აქტივობასა და დედამიწაზე მიმდინარე ეფექტებს შორის. როდესაც პლაზმა ამოფრქვევა მზიდან, იგი ტრანსფორმირდება მზის ქარში, ამ პლაზმურ აფეთქებებს აქვს საკუთარი მაგნიტური ველები, რომლებიც პლაზმის გარშემო წარმოიქმნება. როგორც აღმოჩნდა ეს სფეროები ორიენტირებულია, და როდესაც ისინი დედამიწამდე აღწევენ, განსაზღვრავენ მაგნიტური ველის ცვლილებას. როდესაც მზის ქარის ველის მიმართულება საპირისპიროა დედამიწის ველის მიმართულებისა, მაგნიტური კავშირი მყარდება და გეომაგნიტური ველი არსებითად ხდება მზის მაგნიტური ველის ნაწილი. ამ მდგომარეობაში დედამიწა უფრო მგრძობიარეა მზის ქარის ეფექტების მიმართ. მზის ქარის ნაწილაკები უფრო ადვილად შედიან მაგნეტოსფეროში და ასეთ შემთხვევაში მაგნიტოსფერო უფრო ენერგო ეფექტურია. მზის ქარში მაგნიტურ ველების ცვლილებები იწვევს მაგნიტოსფეროში მწვავე ცვლილებებს. ამ რყევების საპასუხოდ, ლენცის კანონის შესაბამისად, მაგნეტოსფეროს მასშტაბით მასიური დინებები ვრცელდება.

თუ მზის ქარის მაგნიტური ველი დედამიწის ველის მიმართულებითაა, მაშინ მაგნიტური კავშირი არ მოხდება და მაგნიტოსფერო გამიჯნულია და დაცულია მზის ქარისაგან. ამ პირობებში, მზის აქტივობის შედეგები გაცილებით ნაკლებად მნიშვნელოვანია. იმისათვის, რომ გავიგოთ, რა მოხდება დედამიწაზე, უნდა ვიცოდეთ არა მხოლოდ ის თუ რა მოხდა მზეზე, არამედ უნდა ვიცოდეთ მაგნიტური ველის ხასიათი, რომელიც პირდაპირ კავშირშია მზის ქარსთან.

ამ კვლევების მეორე მიმართულებაა შეიქმნას მზე-დედამიწის გარემოს მოდელი. MHD- ს მრავალი სირთულეები ახლავს, რადგან არსებობს სამი სხვადასხვა დომენი, პირველი დომენი არის მზე; მზის უბრალო მათემატიკური მოდელის შექმნაც კი ძალიან რთულია. ჯერ კიდევ საიდუმლოა ის, თუ რა ხდება მზის შიგნით, რა იწვევს ნათებებს. მეორე დომენი პლანეტათშორისი სივრცეა, რომელიც განიხილება, როგორც ცარიელი სივრცე. ეს სივრცე ივსება მზის ქარის პლაზმით. მესამე დომენია გეომაგნიტური ველი. მაგნიტური კული, რომელიც დედამიწიდან რამდენიმე მილიონი კილომეტრის მანძილზე ვრცელდება, არსებობს მასთან დაკავშირებული მრავალი თეორემა და ეს მოვლენა, საბოლოოდ მაინც კარგად არაა შესწავლილი. საბოლოო სირთულეა ის ფაქტი, რომ ეს სამი დომენი არ არის ცალცალკე. დედამიწის ზედაპირზე მნიშვნელოვანი შედეგები შეიძლება მოჰყვეს ერთ-ერთი დომენის შეცვლასაც კი;

NOAA- ს კოსმოსური გარემოს მომსახურების ცენტრი (SESC) Boulder- ერთ-ერთი მსოფლიო ცენტრია, რომელიც უზრუნველყოფს მზისა და გეომაგნიტური აქტივობის პროგნოზირებას. ყოველდღიური პროგნოზები გაიცემა მზის ამოფრქვევების, პროტონების ნაკადების, რენტგენის სხივების-x-ray მოვლენებისა და მაგნიტური ქარიშხლებისათვის. SESC მსოფლიო ცენტრი დაახლოებით 1400 სახის მონაცემებს აგზავნის მთელ მსოფლიოში, მათ შორის GOES თანამგზავრების მონაცემებს რენტგენის სხივების- და დამუხტული ნაწილაკების ნაკადის მონაცემებს, – მიღებულ გამოსახულებებს და მაგნიტოგრამებს, გეომაგნიტური ველის გაზომვებს სხვადასხვა ადგილასთვის. მეცნიერები ცდილობენ განიხილონ ყველა ეს ინფორმაცია დედამიწაზე მზის ეფექტის ყოველდღიური პროგნოზების შედგენისას.

ამჟამად ამ პროგნოზი არ არის ძალიან საიმედო, ძირითადი ამოფრქვევები ზოგჯერ არ პროგნოზირდება. მიუხედავად იმისა, რომ პროგნოზების დროს მუშავდება დიდი რაოდენობის მონაცემები, მზის ფიზიკაზე, მაგნეტოსფეროზე და საპლანეტათშორისო სივრცეზე, მაინც არ არის კარგად შესწავლილი. ამჟამად, ბევრი მათემატიკური მოდელი შემუშავდა, მაგრამ არ არსებობს ყოველსომცველი ნიმუში მზის- დედამიწისის გარემოს მოდელი.

უმეტეს შემთხვევაში, ბუნების პროგნოზირების შედეგი კეთდება მათემატიკური მოდელიდან. მაგალითად, გრავიტაციული ველის ობიექტის მოძრაობა შეიძლება მოდელირებული იყოს მათემატიკური დამოკიდებულებით

$$v = g \cdot t.$$

დედამიწის ამინდის პროგნოზირების შემსწავლელი მეცნიერები ბოლო 30 წლის მანძილზე ცდილობდნენ გლობალური ამინდის მათემატიკური მოდელის შექმნას, სითხის დინამიკის კომპლექსური განტოლებების გამოყენებით, რომელიც აღწერსა ოკეანისა და ატმოსფეროს დინამიკას. ძლიერი სუპერკომპიუტერებით ხდებოდა ამ მოდელის გაშვება, თუმცა აღმოჩნდა, რომ დედამიწის ამინდის ზუსტად განსაზღვრა შეუძლებელია. მზე- დედამიწის გარემოს მოდელირება კიდევ უფრო რთულია. ამისათვის საჭირო ფიზიკა მოიცავს არა მხოლოდ სითხის დინამიკას, არამედ მაქსველის განტოლებებსაც. ეს კომბინაცია ცნობილია როგორც მაგნიტოჰიდროდინამიკის განტოლებები (MHD), და ამჟამად ამ MHD- ის განტოლებების ანალიზური ამოხსნა ზუსტად შეუძლებელია, არსებობს რიცხვითი ამოხსნები თუმცა ეს ამოხსნები მიახლოებითია და ზოგჯერ შესაძლებელია არასწორი შედეგებიც მოგვცეს. რადგან მზე, სადაც ძლიერი მაგნიტური ველები არსებობს და გვაქვს ზემოდალი ტემპერატურა, რა თქმა უნდა, შეუძლებელია ამ პირობების სიმულაცია დედამიწაზე ჩატარებულ ექსპერიმენტებში.

მზის პროგნოზირების გასაუმჯობესებლად კვლევა ძირითად წარმოებს ორი ძირითადი მიმართულებით. პირველი მიმართულება დედამიწაზე არსებულ მოვლენებთან დაკვირვების ფენომენის კორელაციას წარმოადგენს. მაგალითად, ჩვენ გვხვდება მზის ციკლისა და დედამიწაზე არსებული დარღვევების ძლიერი კორელაცია. თუმცა ეს

კორელაცია ძალიან უხეშია; ჩვენ ვიცით, რომ გარკვეული პერიოდის განმავლობაში მზის აქტივობის მაღალი დონე და შესაბამისად დედამიწაზე დარღვევები წარმოიქმნება. მაგრამ ჩვენ არ შეგვიძლია ამ დარღვევების ზუსტი პროგნოზირება კონკრეტული დღის ან საათის განმავლობაში. ბევრი მკვლევარი ცდილობს შეისწავლონ კორელაციები, რომლებიც დაკვირვებად მოვლენებს შორის არსებობს.

იონოსფეროს ამინდი პროგნოზისთვის ფართო გამოყენება ჰპოვა ახალმა ელექტრონების სრული შემცველობის (Total Electron Content) რუკებმა, რომლებსაც NASA გადმოსცემს ელექტრონების სრული შემცველობა არის მნიშვნელოვანი რაოდენობრივი პარამეტრიც. ეს არის თავისუფალი ელექტრონების სრული რაოდენობა ინტეგრირებულს 1m^2 განიკვეთის ფართობის მქონე ცილინდრში, დაკვირვების ადგილიდან (თანამგზავრიდან) მიმდებამდე. ეს რუკები იონოსფეროს ამინდის მონიტორინგისა და იონოსფეროს შტორმების პროგნოზისთვის გამოიყენება.

კლიმატი და მაგნიტური ველი

გლობალური ტემპერატურის ბოლო დროინდელი ზრდის მიზეზი მეცნიერებში მნიშვნელოვან დებატებს იწვევს და არსებობს მტკიცებულება, რომელიშიც კლიმატის ცვლილებები უკავშირდება მთელ რიგ ბუნებრივ მოვლენებს, მათ შორის დედამიწის ორბიტის ცვალებადობას [1], კოსმოსური სხივებს [2] და მზის აქტივობას [3]. თუმცა, ამ მექანიზმების საშუალებით რთულია აიხსნას 1876 წლიდან 1998 წლამდე ტემპერატურის დაჩქარების ზრდა.

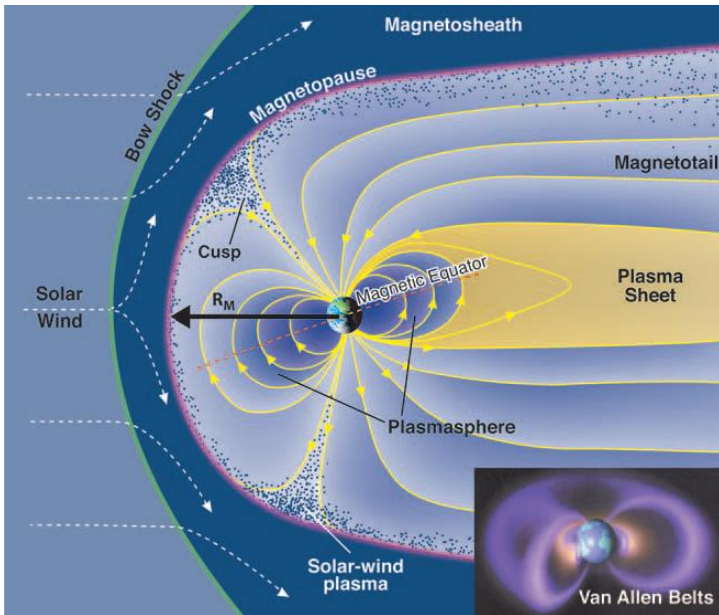
კლიმატის ცვლილების მექანიზმების აშკარა არასაკმარისობამ გამოიწვია IPCC დასკვნები, იმასთან დაკავშირებით, რომ "ანთროპოგენური დათბობისა და აციების შესწავლამიგვიყენა იმ დასკვნამდე, რომ 1750 წლიდან გლობალური დათბობა გამოწვეულია ადამიანის საქმიანობით" [4]. თუმცა არსებობს ბუნებრივი მოვლენები, რომლებიც 1970-იანი წლებიდან იწვევდა ამ ცვლილებების დაჩქარებას, როგორცაა მაგნიტური პოლუსების მოძრაობა, კერძოდ ჩრდილოეთ მაგნიტურ პოლუსის. ამ ნაშრომში გამოკვლეულია ჩრდილოეთით მაგნიტური და გეომაგნიტური პოლუსის მდებარეობა და გლობალურ და ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს ტემპერატურულ ვარიაციები და ნაპოვნია მათ შორის კავშირი.

მზის ლაქების რაოდენობა იზრდება და მცირდება დროთა განმავლობაში რეგულარულად, დაახლოებით 11 წლიანი ციკლით, რომელსაც ეწოდება მზის ციკლი. მზის ციკლის ზუსტი სიგრძე ცვალებადია. მზის ლაქების ზრდა ნიშნავს მზის აქტივობას - flares და CMEs. ყველაზე მეტი მზის ლაქების რაოდენობით განისაზღვრება ციკლი როგორც "მზის მაქსიმალური", ხოლო ყველაზე დაბალი რიცხვი განისაზღვრება ციკლი, როგორც "მზის მინიმალური".

მზის მინიმუმი: NOAA- ს და NASA- ს მონაცემებით, 2007 წლიდან 2009 წლამდე მზისგან შემდგარი ციკლი განისაზღვრებოდა როგორც "მზის მინიმალური". მზის სუსტი აქტივობის გამო გალაქტიკური კოსმოსური სხივები რეკორდულად მაღალ დონეზე დაფიქსირდა მზის მაქსიმუმი: მზის ძილი 2010 წელს დასრულდა.

მაგნიტოსფერო

ტერმინი მაგნიტოსფერო პირველად გამოიყენა თ. გოლდმა 1959 წელს, როდესაც აღწერა იონოსფეროს ზედა ნაწილი, რომელშიც დედამიწის მაგნიტური ველი აკონტროლებს დამუხტული ნაწილაკების მოძრაობას. მაგნიტური ველის ხაფანგებია დაბალი ენერგიების პლაზმა ვან ალენის ღვედები ფორმის, ტორსის ფორმები, სადაც მაღალი ენერგიების ელექტრონები და იონებია. დამუხტული ნაწილაკების კონტროლი მაგნიტური ველის საშუალებით ხორციელდება დედამიწის 10 რადიუსის ტოლ მანძილამდე და მიმართულია მზისკენ. ამ მანძილზე მაგნიტოსფერო ხასიათდება დაბალი სიმკვრივით, მაგნიტიზირებული პლაზმა ე.წ. მზის ქარი, რომელიც მიედინება რადიალურად მზიდან ზებგერითი სიჩქარით. თვისობრივად, პლანეტარული მაგნიტოსფერო არის სივრცის მოცულობა, საიდანაც მზის ქარი გაგდებულია პლანეტის მაგნიტური ველის მიერ.

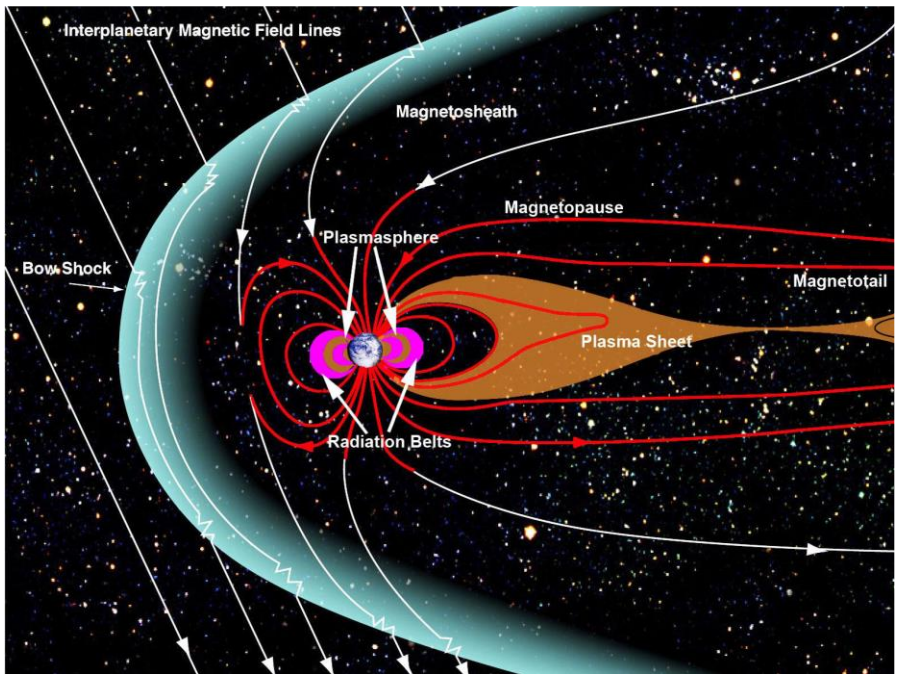


დედამიწის მაგნეტოსფეროს სქემატური ილუსტრაცია.

დედამიწის მაგნიტური ველის ძალწირები უჩვენებს როგორ იცვლება ველი მზის ქართან ურთიერთქმედებით. მზის ქარი, რომლის ნაკადის სიჩქარე აჭარბებს შემფოთებული ველების სიჩქარეს და პლაზმური ნაკადი სიჩქარეს, მაგნიტური ველის გავლენით განიცდის მარცხს და დედამიწის მაგნიტური ველის მიერ განხორციელებული ზეწოლა გამორიცხავს მზის ქარს. მაგნიტოსფეროს საზღვრის ეწოდება მაგნიტოპაუზა, მისი ცხვირი მანძილი არის დ მანძილზე დედამიწის ცენტრიდან. მაგნიტოპაუზის მზის მხარეს მაგნიტოპაუზასა და მზის ქარის დარტყმებს შორის სივრცეს უწოდებენ მაგნიტურ გარსს. დედამიწის მხარეს კი გადაჭიმული მაგნიტური ველის სახეები ქმნიან მაგნიტურ კუდს (magnetotail). მაგნიტური კუდის ჩრდილოეთ ნაწილში მაგნიტური წირები მიმართულია ძირითადად მზისკენ, ხოლო სამხრეთ ნაწილში მიმართულება შეცვლილია. ეს წერტილები მოხსენიებულია, როგორც ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნაწილები, და ისინი გამოყოფილია ერთმანეთისაგან.

დაბალი ენერგიის პლაზმა ვრცელდება იონოსფეროდან დედამიწის ზედაპირთან ახლოს და ამ დონეს ეწოდება პლაზმასფერო რომლის საზღვარი არის პლაზმოპაუზა. წერტილები გვიჩვენებს მზის ქარის გავრცელებას მაგნიტურ ქერქში , განსაკუთრებით პოლარული გვირგვინის ნაწილებში (in the polar cusp) .

ენერგეტიკული ნაწილაკები ჩაჭედილნი არიან დედამიწის მაგნიტურ ველში და გავლენას ახდენენ ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაზე. თავისი მაღალი ენერგიებით ისინი ყოველდღიურად ზიანს აყენებენ კოსმოსურ აღჭურვილობას, GPS, და საკომუნიკაციო გადამცემებს. მეორეს მხრივ ამ ნაწილაკების გამოსხივება იწვევს ციაღს -ნათებას. ეს ნაწილაკები ასევე შეიძლება აღმოჩნდეს სხვა სივრცეშიც. ამ ნაწილაკების აღმოჩენა და მისი ტრანსპორტირება სამეცნიერო მნიშვნელობის საქმეა.



სურ.-ზე ნაჩვენებია დედამიწის მაგნიტური ველის სხვადასხვა ნაწილები: მაგნიტური გარსი, მაგნიტოპაუზა, მაგნიტური კუდი, პლაზმოსფერო და სხვა. ასეთი დაყოფა დაფუძნებულია, მაგნიტური ველის ძალწირებზე და პლაზმის მახასიათებლებზე, როგორცაა, მათი წარმოშობა, სიმკვრივე და ენერჯის დონე. მაგალითად, მაგნეტოპაუზა ყოფს დედამიწის გეომაგნიტურ ველს და პლაზმას, რომელიც წარმოიშობა მზის ინტერპლანეტრული მაგნიტური ველისა და პლაზმისაგან. რადიაციული სარტყელის ელექტრონები დედამიწასთან ახლოს მდებარეობს, ნაწილობრივ ფარავს გეოსტაციონალურ ორბიტას და მოკლეტალღოვან რადიაციას. პლაზმა არის თავისუფალი დამუხტული ნაწილაკების გაზი, რომელიც არის ელექტრულად ნეიტრალური, იმის გამო, დადებითი და უარყოფითი მუხტები ტოლი რაოდენობითაა. ნაწილაკების დაბალი სიმკვრივის ან ნაწილაკთა დიდი კინეტიკური ენერჯის გამო, თითოეული ნაწილის გავლენა ერთმანეთზე მცირეა და ამიტომ ისინი დამოუკიდებლად განიხილება.

რადიაციული სარტყელი მოთავსებულია 2 და 6 დედამიწის რადიუსის ტოლ მახლობლზე $1 \text{ Re} = 6371 \text{ კმ}$, 100-დან 108 სმ-2s-1-მდე ტიპიური ელექტრონული ნაკადი და 0.1MeV- დან 5MEV- მდე ენერჯიებით . როგორც ჩანს, ფიგურა 1. დედამიწის მაგნიტური ველი ამ რეგიონში შეიძლება მოდელირებული იყოს, როგორც დიპოლური ველი 100-დან 1000-მდე ნ ძალით.

დედამიწის მაგნიტური ველი:

$$\mathbf{B}(x,y,z) = -B_0 \text{Re}^3(x^2+y^2+z^2) - 5[3xz, 3yz, 2z^2-x^2-y^2] \quad (1a)$$

დედამიწის მაგნიტური ველი ეკვატორზე:

$$B(r) = B_0 \text{Re}^3 r^{-3} \quad (1b)$$

B_0 არის მაგნიტური ველის დაძაბულობა დედამიწის ზედაპირზე (გაზომილი ეკვატორზე).

მზის ქარის პირობებში, ეს დიპოლური ველი შეკუმშულია და გარდა ამისა, არის კონვექციური ელექტრული ველი, რომელიც მიმართულია დაწინდუსკ მიმართულებით. არსებობს პლაზმური მოძრაობის მოდელირების სამი ძირითადი სქემა. მარტივი განვიხილოთ პლაზმა, როგორც ინდივიდუალური და დამოუკიდებელი მუხტების მატარებლები, რომლებიც ურთიერთქმედებენ ელექტრულ და მაგნიტურ ველებთან.

ეს სქემა ცნობილია, როგორც "მარტოხელა ნაწილაკების მოძრაობა" ან „ნაწილაკების დაახლოების კრიტერიუმი" უგულვებელყოფს სხვა ნაწილაკების ეფექტებს. ეს სქემა ძალაშია მაშინ, როდესაც ნაწილაკებს აქვთ უმნიშვნელო ენერგეტიკული სიმკვრივე და ამით არ ახდენს გავლენას ფონური ველების მნიშვნელობაზე. მეორეს მხრივ,

"მაგნეტოჰიდროდინამიკა" უგულებელყოფს ყველა მარტოხელა ნაწილაკის ასპექტს და პლაზმას განიხილავს, როგორც ერთიან გამტარ სითხეს მაკროსკოპული პარამეტრებით, როგორცაა სიმკვრივე, სიჩქარე და ტემპერატურა. ეს სქემა გულისხმობს, რომ პლაზმა ინარჩუნებს ლოკალურ წონასწორობას და ამით გამოიყენება დაბალი სიხშირის ტალღის ფენომენების შესწავლისათვის. ბოლოს, მესამე მიდგომა, რომელიც ცნობილია როგორც "კინეტიკა", აანალიზებს განაწილების ფუნქციის განვითარებას ფაზის სივრცეში ნაწილაკების დაგროვებისთვის და გამოიყენება მიკროსკოპული ეფექტის შესაქმნელად.

ბოლო 20 წლის განმავლობაში მზის რადიაციის სატელიტური გაზომვებიდან გამოვლინდა, რომ მზის მთლიანი რადიაციული პროდუქტი მერყეობს 0.1% -ით მზის ციკლზე (დაახლოებით 11 წელიწადი). ამჟამად, ნაკლებ დამაჯერებელია ასეთმა რყევამ გავლენა მოახდინოს ზედაპირის ტემპერატურაზე, თუმცა ხანგრძლივი დროის განმავლობაში ეს შესაძლებელია (Leon et al., 1995). თუმცა, მზის რადიაციული სპექტრის UV ნაწილში შეინიშნება 10% -ით ცვლილება. UV აბსორბირდება ოზონის მიერ და შეიძლება გამოიწვიოს ცვლილებები სტრატოსფეროს გათბობაში. ვარაუდობენ, რომ ეს თავის მხრივ გავლენას მოახდენს ტროპოსფეროში ტემპერატურის განაწილებაზე (გელერ და ალბერტი, 1980; ჰაიგი, 1996; შინდელ etc., 1999).

3. კვლევის მეთოდოლოგია და მონაცემები

მას შემდეგ, რაც დაიწყო დედამიწის შესწავლა თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემებით, NASA, NOAA და EUMETSAT პროგრამების ფარგლებში განხორციელდა თანამგზავრების გაშვება, აღჭურვილს სხვადასხვა ტიპის სენსორებით, აქტუალური გახდა იონოსფეროს ამინდის ამოცანა.

NASA -ს მაგნიტური ველის სადაკვირვებლო თანამგზავრები MMS, THEMIS და მზეზე დაკვირვების თანამგზავრები SOHO, SDO, SOLAR PROBE და სხვ. გაშვების შემდეგ განუწყვეტლივ გადმოსცემენ ინფორმაციას მზის პარამეტრების ცვალებადობაზე, კოსმოსური სხივების მახასიათებლებზე და დედამიწის მაგნიტური ველი შეშფოთებებზე. მას შემდეგ რაც განხორციელდა ვან ალენის რადიაციული სარტყლების ზონდების გაშვება, დედამიწის გარშემო დაფიქსირდა მაღალი ენერგიების ელექტრონების რკალი, რომელიც რამოდენიმე საათში დაიშალა. მათ დიდი გავლენა იქონიეს დედამიწის ელექტრო-მაგნიტურ მახასიათებლებზე.

კვლავ ისმის საკითხი, თუ როგორ აისახება ცვლილებები კლიმატზე, რომელიც ითვალისწინებს მრავალი უკუკავშირის მექანიზმს. GCR-ები ურთიერთქმედებენ დედამიწის ატმოსფეროსთან ბირთვული შეჯახების მეშვეობით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება მეორადი ნაწილაკები (პროტონები, ნეიტრონები და მიონები), რომლებსაც შეუძლიათ ატმოსფეროში შეაღწიონ ღრმად; ისინი კვლავ ეჯახებიან ერთმანეთს, რაც იწვევს ნაწილაკების კასკადს. კასკადის დამთავრდება მაშინ, როდესაც ბირთვულკომპონენტებს, ე.ი. ნეიტრონებსა და პროტონებს აქვთ ენერგიის ის რაოდენობა, რომელიც ძალიან დაბალია ნაწილაკების შემდგომი წარმოებისთვის. პირველადი ენერგიის სპექტრის მაქსიმალური წარმოების მაჩვენებელი დაახლოებით 16 კმ-ს შეადგენს.

16 კმ-ზე ქვემოთ, დამუხტული ნაწილაკების ინტენსივობა მცირდება და ძირითადად აქ არის მიონები და ელექტრონები, რომლებიც ძალიან მაღალი ენერგიის ჩდ შეჯახების პროდუქტებია, რომლებიც ხელს უწყობენ დამუხტული ნაწილაკების გაზრდას დაბალ სიმადლეზე (ლალი და პეტერსი, 1967, ჰერმენი და გოლდბერგი, 1978). დედამიწის ზედაპირზე მიონისა და ნეიტრონების დაკვირვებები შეიცავს სხვადასხვა სიმადლეზე ატმოსფერულ იონიზაციასთან დაკავშირებულ ინფორმაციას და შეუძლია გამოავლინოს GCR-ს სპექტრის განსხვავებული ენერგიებს შორის ცვალებადობა.

კოსმოსური სხივები პასუხისმგებელია ქვედა ატმოსფეროს იონიზაციაზე. იონური წყვილის ატმოსფერული პროფილები აღებულია მზის მაქსიმალურსა და მზის მინიმალურს შორის.

ჯერ კიდევ სვენსმარკისა და ფრიზი-კრისტენსენის შრომები ეძღვნებოდა გალაქტიკურ კოსმოსურ სხივებს (1997 წ.) (GCRs), (განახლებული სვენსმარკი 1998 წ.) , სადაც განხილული იყო კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით. მარშმა და სვენსმარმა (2000) შემდგომში შეიცვალა დაკვირვების ჰიპოთეზა "მთლიანი ღრუბლის საფარი", "ქვედა ტროპოსფეროს ღრუბლის საფარით". იუ-ს ჰქონდა (2002) ორიგინალური ნამუშევარი, იმ ფიზიკური პროცესების მოკლე მიმოხილვა, რომლებიც ქმნიან GCR-Cloud ჰიპოთეზას. მოკლედ, "ion-aerosol clear air" ჰიპოთეზა ნიშნავს, რომ მზის მდგრადი პერიოდის განმავლობაში GCR-ების მომატება იწვევს ნაწილაკების მომატებას (იონიზაციის გზით) და სულფატის აეროზოლების წარმოქმნას, რომლებიც შეიძლება გაერთიანდნენ სულფატის აეროზოლური კლასტერებად და მოგვევლინონ ღრუბლებში კონდენსაციის ბირთვებად (CCN).

რამდენიმე ათწლეულია GCR-ის მონაცემები არსებობს დედამიწის ბევრ სადგურზე, თუმცა გლობალური ღრუბლიანობის მონაცემები არ არის ისეთი ვრცელი, რამდენადაც ეს ჩანაწერები დაიწყო 1983 წლიდან საერთაშორისო თანამგზავრული Cloud Climatology პროექტის (ISCCP) ფარგლებში.

ჯერ კიდევ ადრეულ წლებში დიკინსონისმიერ (1975 წ.) მოხდა GCR-ის მონაცემების შედარება ტროპოსფეროს გლობალურ ღრუბლის საფართან რომელიც გაკეთდა მარშისა და სვენსმარკის (2000) მიერ 680 მბ დონის ზედაპირისათვის (~ 3.2 კმ). მათი დაკვირვების შედეგია GCR-ისა და გლობალური ქვედა ტროპოსფეროს ღრუბლიანობის კავშირის დამყარება საწყისი პერიოდისთვის 1983-1995.

მოგვიანებით, ამ დაკვირვების შედეგი განახლდა (სვენსმარკი 2007), რომელიც გაგრძელდა ჩდ და ქვედა ტროპოსფეროს გლობალური ღრუბლიანობის შედარებით 2005 წლისათვის (რომელიც მოიცავს მზის ციკლს 23). ამ განახლებულმა დასკვნებმა კვლავაც განაგრძო GCR-ის პოტენციური ეფექტი ქვედა ტროპოსფეროს ღრუბლებლიანობაზე (და მათი გავლენა კლიმატის ცვლილებებზე). საინტერესოა, რომ ლაუტი (2003) ეჭვქვეშ აყენებს შედეგების მოქმედების საკითხს, კერძოდ, ქვედა ტროპოსფეროს გლობალური საფარის ურთიერთქმედებას GCR-ის ინტენსივობასთან. ლაუტი ვარაუდობს, რომ დაბალი ღრუბლების მონაცემები, დაფუძნებული მხოლოდ თანამგზავრულ IR მონაცემებზე, რაც შეიძლება უარყოფითად მოქმედებდეს მაღალი ღრუბლების წარმოდგენაზე. პელემ (2005) ასევე ეჭვქვეშ დააყენა სატელიტური დაკვირვებებით დაბალი ღრუბლის საფარის ნამდვილობა. დამონმა და ლაუთმა (2004) უფრო ზოგადი კორელაცია გამოავლინეს მონაცემთა ანალიზის საკითხებში, რომელშიც დედამიწაზე კლიმატი არის დამოკიდებული მზის აქტივობაზე. დაკვირვების მტკიცებულებების გათვალისწინებით, პიერმა და ადამსმა (2009) განიხილეს ზოგადი ცირკულირების მოდელი (GCM) აეროზოლურ მიკროფიზიკასთან ერთად, რათა შესწავლოს GCR-ღრუბლიანობის ურთიერთკავშირი.

მათი შესწავლის შედეგად დადგინდა, რომ ცვლილებები CCN-ებში (GCR-ის გამო) მზის ციკლის დროს ძალიან მცირე გავლენას ახდენდნენ ღრუბლოვანი საფარის ცვლილებებზე. თუმცა, ლაკენმა (2010), ასევე, GCM კვლევებზე დაყრდნობით, ივარაუდა, რომ GCR-ღრუბლიანობის ურთიერთობების ჰიპოთეზას შეიძლება ჰქონდეს ღრუბლებზე. სნოუ-კროპლა და სხვ. (2011) გლობალური ქიმიური ტრანსპორტირების მოდელის გამოყენებით, დაასკვნა, რომ კოსმოსური სხივების გავლენა CCN-ზე და ღრუბლებზე იზღუდება აეროზოლური პროცესებისაგან.

ზემოხსენებული კვლევების გათვალისწინებით, საკამათო GCR და CCN ურთიერთობა, რომელიც როგორც ჩანს, განაგრძობს დაკვირვებასა და შესწავლას. თუმცა, ამ დოკუმენტში მოხსენიებული მიმდინარე შეფასების ძირითადი მიზანი გეიჩვენებს, რომ ISCCP-ს შორის დაბალი ტროპოსფეროს გლობალური ღრუბლიანობის საფარისა და გალაქტიკური კოსმიური სხივების შორის ეფექტებს. GCR-მა მიაღწია რეკორდულ მაღალ დონეს (იხ. [Http://www.nasa.gov/topics/solarsystem/features/ray_surge.html](http://www.nasa.gov/topics/solarsystem/features/ray_surge.html)), ხოლო ISCCP 5 გლობალური ღრუბლიანობა არის რეკორდულად დაბალ დონეზე.

მონაცემები აღებულია შემდეგი წყაროებიდან:

1. <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/>
2. [GLCF: Earth Science Data Interface](#)
3. [GLCF: Global Inventory Modeling and Mapping Studies](#)
4. [GLCF: Earth Science Data Interface](#)
5. [WSA-ENLIL Solar Wind Prediction | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center](#)
6. [NOAA Space Weather Scales | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center](#)
7. [Magnetic Declination, Models, Data and Services | ngdc.noaa.gov](#)
8. [SpaceWeather.com -- News and information about meteor showers, solar flares, auroras, and near-Earth asteroids](#)
9. [Earth's Inconstant Magnetic Field - NASA Science](#)
10. [World Magnetic Model - Home Page | NCEI](#)
11. [NASA's Eyes: Eyes on the Earth](#)
12. [Geomagnetism](#)

4. კვლევის შედეგები და დასკვნები

როდესაც ძლიერი მზის ქარი წვდება დედამიწას, ეს იწვევს მრავალ ცვლილებას მის სფეროში. დედამიწის დღის მაგნეტურსფერული ნაწილი იკუმშება და ახლოს მიდის დედამიწის ზედაპირთან და ასევე გეომაგნეტური სფერო ძლიერად მერყეობს. ესეთ მოვლენას ზოგადად ეწოდება გეომაგნეტური შტორმი. გეომაგნეტური შტორმის დროს გრძივი ტალღები, რომლებიც წარმოიქმნება იონოსფეროში იცვლება სწრაფად, მზის ქარის ცვლილებების გამო. ეს ტალღები წარმოქმნიან თავიანთ მაგნიტურ ველს რომელიც ერწყმევა დედამიწის მაგნიტურ ველს. მიწის დონეზე, ეს იწვევს მაგნეტური ველის ცვლილებას. მათ ეწოდებათ გეომაგნეტურად წარმოქმნილი ელექტროტალღები, რომელიც იწყებს მოძრაობს მიწაში დამოუკიდებლად. მაგრამ როდესაც კარგ გამტარებთან შეხებში მოდის, მაგალითად მილსადენები ან ელექტროენერჯის გადამცემი დენსადენები, ეს ტალღა მათშიც გაივლის. ეს ელექტროტალღები წარმოიშვება გეომაგნეტური შტორმის დროს. გაზომვებმა 10 ვოლტ მუხტიც კი კმ-ზე აჩვენეს. ერთის შეხედვით ეს ცოტა ჩანს მაგრამ, თუ ავიღებთ 1000 კმ-ს ეს მოგვცემს 10000 ვოლტ განსხვავებას. 1957 წელს 3000ვ ცვლილება აღმოაჩინეს ტრანსატლანტურ კაბელზე ნიუფაუნდლანდსა და ირალანდიას შორის. ატმოსფეროებში ესეთი გამოწვეული ტალღები უფრო შესამჩნევია აურორა ოვალში და ასევე ისეთ ადგილებში რომლებიც ვულკანურ ქვებზეა დაფუძნებული. რადგანაც ვულკანური ქვას აქვს ძალიან დაბალი გამტარობა ამიტომ წარმოქმნილი ტალღები ამჯობინებენ ადამიანის მიერ შექმნილ ხელსაწყოებს და გამტარებს. მილსადენებში ეს იწვევს გაძლიერებულ ჟანგვას და ასევე მრავალი ტიპის გაუმართაობებს. ალასკას მილსადენებში გაიარა 1000ვ. დენის ძაბვამ გეომაგნეტური შტორმის დროს. დიდ ელექტროსადგურებში როგორც ჰიდრო-კვებეკია ესეთმა მძლავრმა შტორმებმა გამოიწვია ტრანსფორმერების და დენის ბანკის გადატვირთვა რამას დააზიანა და წყობილებიდან გამოიყვანა მთელი სადგური.

ეს პრობლემა უარესდება იმით რომ გეომაგნეტურად შექმნილი ტალღა უწყვეტია ხოლო ჩვენ ვიყენებ ცვალებად ტალღას. ჰიდრო-კვებეკი დამატებით დაუცველი იყო იმის გამო რომ საკმაოდ ჩრდილოეთ მდებარეობს და ასევე აშენებულია დიდ ვულკანურ ქვებზე. 1989 წლის შემდეგ ელექტროკომპანიებმა დაინახეს გეომაგნეტური შტორმების საფრთხე. ამიტომ მათ შეუძლიათ რაღაც დონეზე თავის დაცვაც წინასწარი გაფრთხილების შემთხვევაში, მაგრამ რისკი ისევ და ისევ მაღალია. ელექტრო ინჟინერები ცდილობენ რომ შექმნან ახალი დამცავი მექანიზმები, მაგრამ რადგან უფრო და უფრო დიდ

ელექტროსისტემებს ვაშენებთ უფრო დიდი ელექტროგაყვანილობებით რისკი მაინც იზრდება.

სერიოზული ინტერესი მზის გაგვინის პროგნოზზე და მის დედამიწაზე გავლენაზე დაიწყო მეორე მსოფლიო ომის დროს. ელექტრონული ტექნოლოგიები, როგორცაა რადიომაუწყებლობა, რადარი და მაგნიტური წყალქვეშა გადამცემები, პირველად იყვნენ გამოყენებულნი და პირველად გაირკვა, რომ ეს ტექნოლოგიები შეიძლება სერიოზულად დაზიანდეს მზის შემოთქმების შედეგად. ომის შემდეგ, უფრო მეტად განვითარდა ელექტრონული ტექნოლოგიები განსაკუთრებით კოსმოსური პროგრამების დაწყებასთან ერთად. 1950-იან წლებში არსებობდა პროგნოზირების გასაუმჯობესებლად მსოფლიო მასშტაბის რესურსები, მაგრამ 50-იან წლებში სსრკ-ს თანამგზავრების გაშვების და ცივი ომის დაწყებისთანავე დასრულდა. 1969 წლის მთვარის მისიის ფარგლებში, NASA ძლიერ იყო ჩართული ამ პროცესში, ასტრონავტების უსაფრთხოების გამო. მან პიკს მიაღწია 1973 წელს ერთად Skylab მისიების დროს. ამ პერიოდიდან მზის კვლევის ფინანსური მხარდაჭერა შემცირდა, მიუხედავად ამისა, ჩვენ გვჭირდება გავზარდოთ მზის აქტივობის პროგნოზირების ხარისხი.

ადრე როდესაც ხდებოდა მზეზე ამოფრქვევების პროგნოზირება, ვარაუდობდნენ, რომ გეომაგნიტური ველის შემოთქმა დედამიწაზე აისახებოდა რამდენიმე საათის ან დღის განმავლობაში. ამიტომ თვლიდნენ, რომ პროგნოზირების გასაუმჯობესებლად აუცილებელი იყო მზის აქტივობის დროს დედამიწაზე მიმდინარე მოვლენებზე დაკვირვებები, ნათება და სხვა. მაგრამ აღმოჩნდა, რომ დედამიწაზე მიმდინარე ეფექტები არ არის თანხვედრაში მზეზე მიმდინარე მოვლენებთან. თუმცა როგორც გაირკვა დედამიწაზე ზოგიერთ თითქოსდა შეუმჩნეველი მოვლენის დროს (მაგ. მაგნიტური ქარიშხალი) მზეზე რამე განსაკუთრებული აქტივობა არ შეიმჩნეოდა.

დღეს ჩვენ ვიცით, თუ რა კავშირია მზის მაგნიტურ ველსა და დედამიწის გეომაგნიტურ ველს შორის, და თუ რა განსხვავებაა მზის აქტივობასა და დედამიწაზე მიმდინარე ეფექტებს შორის. როდესაც პლაზმა ამოიფრქვევა მზიდან, იგი ტრანსფორმირდება მზის ქარში, ამ პლაზმურ აფეთქებებს აქვს საკუთარი მაგნიტური ველები, რომლებიც პლაზმის გარშემო წარმოირქმნება. როგორც აღმოჩნდა ეს სფეროები ორიენტირებულია, და როდესაც ისინი დედამიწამდე აღწევენ, განსაზღვრავენ მაგნიტური ველის ცვლილებას. როდესაც მზის ქარის ველის მიმართულება საპირისპიროა დედამიწის ველის მიმართულებისა, მაგნიტური კავშირი მყარდება და გეომაგნიტური ველი არსებითად ხდება მზის მაგნიტური ველის ნაწილი. ამ მდგომარეობაში დედამიწა უფრო მგრძობიარეა მზის ქარის ეფექტების მიმართ. მზის ქარის ნაწილაკები უფრო ადვილად შედიან მაგნეტოსფეროში და ასეთ შემთხვევაში მაგნეტოსფერო უფრო ენერგო ეფექტურია. მზის ქარში მაგნიტურ ველების ცვლილებები იწვევს მაგნეტოსფეროში მწვავე ცვლილებებს. ამ რყევების საპასუხოდ, ლენცის კანონის შესაბამისად, მაგნეტოსფეროს მასშტაბით მასიური დინებები ვრცელდება.

თუ მზის ქარის მაგნიტური ველი დედამიწის ველის მიმართულებითაა, მაშინ მაგნიტური კავშირი არ მოხდება და მაგნეტოსფერო გამიჯნულია და დაცულია მზის ქარისაგან. ამ პირობებში, მზის აქტივობის შედეგები გაცილებით ნაკლებად მნიშვნელოვანია. იმისათვის, რომ გავიგოთ, რა მოხდება დედამიწაზე, უნდა ვიცოდეთ არა მხოლოდ ის თუ რა მოხდა მზეზე, არამედ უნდა ვიცოდეთ მაგნიტური ველის ხასიათი, რომელიც პირდაპირ კავშირშია მზის ქარსთან.

დედამიწის (მსოფლიო) მაგნიტური მოდელი (WMM)

დედამიწის (მსოფლიო) მაგნიტური მოდელი (WMM) არის დედამიწის მაგნიტური ველის სტანდარტული მოდელი, რომელსაც იყენებს აშშ თავდაცვის სამინისტრო, დიდი ბრიტანეთის თავდაცვის სამინისტრო, NATO, საერთაშორისო ჰიდროლოგიური ორგანიზაცია IHO, იგი ფართოდ გამოიყენება სამოქალაქო ნავიგაციაში. სამეცნიერო კვლევით ცენტრებში და სამოქალაქო ინჟინერიაში. მოდელი განახლებას განიცდის

ყოველ 5 წელწადში, 2020წლისთვის არსებულ მოდელს ეწურება მოქმედების ვადა, როის შემდგომაც განახლდება ახალი მონაცემების გამოყენებით. მოდელში ძირითადი შემავალი განტოლებები არის დედამიწის მაგნიტური ველის აღმწერი განტოლება

$$\mathbf{B}(x,y,z) = -BoRe^3(x^2+y^2+z^2)-5[3xz, 3yz, 2z^2-x^2-y^2]$$

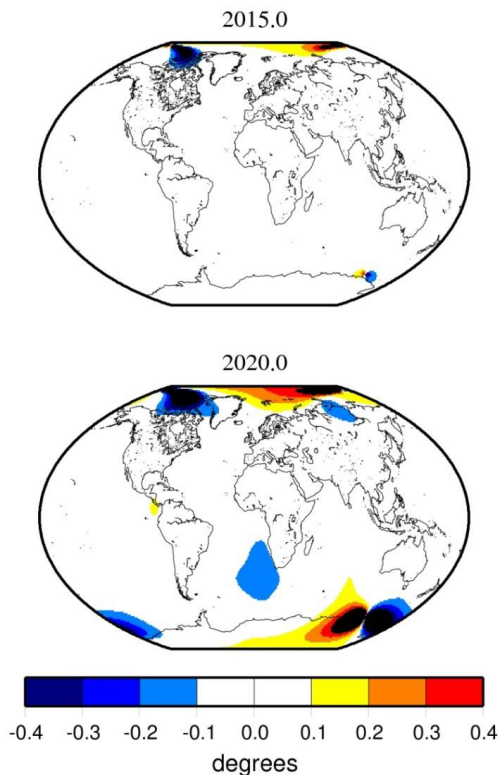
ლორენცის რელატივისტური განტოლება

$$d(\gamma m\mathbf{v})/dt = q\mathbf{E}(\mathbf{r}) + q\mathbf{v}\times\mathbf{B}(\mathbf{r}) \quad (2a)$$

$$\gamma = (1-v^2/c^2)^{1/2}$$

დედამიწის ზედაპირის მახლობელ ნებისმიერი ადგილის ველის ელემენტების და წლიური ცვლილების გამოსათვლელად გამოიყენება გაუსის კოეფიციენტები. საბოლოოდ მიიღება რუკები ESRI Shapefile_ფორმატში

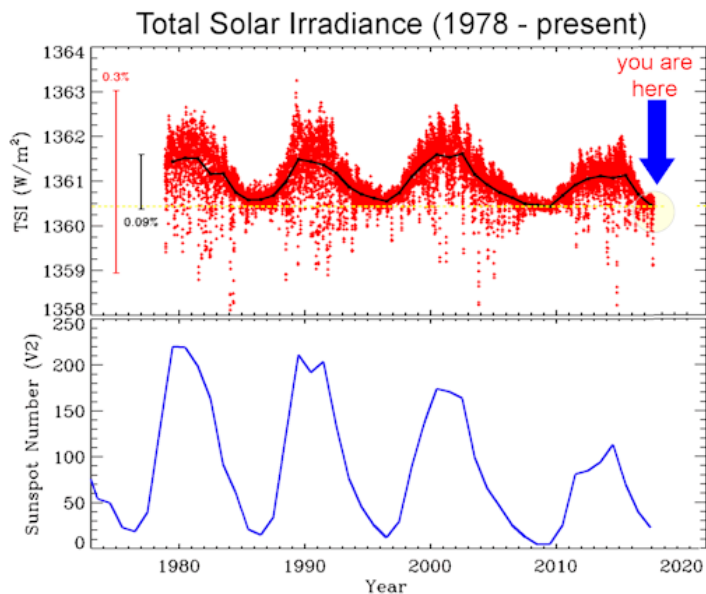
დანართში მოცემულია დედამიწის მაგნიტური ველს ძირით დი კომპონენტების ჩრდილო, ჰორიზონტალური კომპონენტი, ინტენსივობის, ველის გადახრის WMM მოდელით მიღებული შედეგები მერკატორის კოორდინატებში



შედარებისთვის მოყვანილია ველის გადახრები ორი საწყისი მოდელისთვის BGS და NOAA, 12 გრადუსისთვის. ცდომილებები ძირითადად პოლუსების ირგვლივ ხდება

2017წ. 15 დეკემბერს კანავერალის კონცხიდან SpaceX გაუშვეს ახალი სენსორი TSIS-1, საერთაშორისო კოსმოსურ სადგურზე. მისი მისიაა მზის აქტივობის დაკლების გაზომვა. რადგან მზის ლაქების 11 წლიანი ციკლი დასარულს უახლოვდება NASA თანამგზავრები აკვირდებიან მზის სრული რადიაციის შემცირებას(TSI).. მზის გამოსხივება 0.1%-ით შემცირებული მთელი ელექტო-მაგნიტური სპექტრის გამოსხივებაში 2012-14წ.-თან შედარებით. ეს გრაფიკი უჩვენებს 1978-დან დღემდე მზის სრულ რადიაციას ადრე გაშვებული 9 თანამგზავრის მონაცემებით.

მზის ნათების მაქსიმუმი და მინიმუმი მზის სრული ციკლის ბენებრივი



განვითარებაა. მზე დაახლოებით 1361 ვატ/მ^2 ენერგიას გადასცემს დედამიწას. ეს შემცირებული პროცენტი აჭარბებს პლანეტის ყველა სხვა ენერგიის წყაროს სიმძლავრეს (ბირთვის ბუნებრივი რადიოაქტიურობის ჩათვლით) ერთად აღებულს. 2013წ. ეროვნული სამეცნიერო საბჭოს (NRC) ანგარიშში “The Effects of Solar Variability on Earth’s Climate” ნათქვამია, რომ ეს ცვლილება იწვევს დედამიწის ატმოსფეროს ზედა ფენების ქიმიური შემადგენლობის შეცვლას და ასევე რეგიონული ამინდის მოვლენების ცვლილებასაც.

უკვე 6 წელია მიმდინარეობს **SORCE** ექსპერიმენტი, **TSI** გაზომვები გააგრძელებენ ამ გაზომვებს უპრეცედენტო სიზუსტით. ეს 5 წლიანი მისია მთლიანად დაფარავს 2019-2020წ. მზის მინიმუმს. ის დაიწყო მონაცემების გადმოცემას 2018წ. თებერვალში.

საინტერესოა განვიხილოთ ტრაგიკული 2015წ. 13 ივლისის მოვლენა. 8- 9-10 ივლისს დაფიქსირდა 2მეგ. ენერგიის ელექტრონების ნაკადი $1000 \text{ პა/კმ}^2\text{-ზე}$. მათი წარმოშობა უცნობია. 10-თვის გაიცა გაფრთხილება **K5** შტორმის შესახებ, რომელიც გადაიზარდა **G2** კატეგორიაში. 11- **K5** შტორმი გადაიზარდა **K6**-ში და ჩამოიწია 55° განედამდე, და გამიწვია კატეგორიის **G2** შტორმი. 12 ივლისს დაიფიქსირდა ასევე **G2** კატეგორიის შტორმი. 13 ივლისს დაფიქსირდა **K5** შტორმი რომელიც გადაიზარდა ჯერ **G1** ხოლო შემდეგ **G2**-ში. 14-ში დაფიქსირდა **G1** კატეგორიის შტორმი. ასეთი მიყოლებით ამ მოვლენებმა შესაძლოა გამოიწვიოს ის ტრაგიკული მოვლენა, რომელიც მოხდა თბილისში 13 ივლისს.

შეიძლება გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. შეიქმნა მეტეოროლოგიური პარამეტრების (ტემპერატურა, ნალექები, ქარი, ელქექი) და გეომაგნიტური შტორმების 2014-17წწ. მონაცემთა ბაზა. ასევე შეიქმნა შტორმების ადრეული მონაცემების არქივი, რომლის დამუშავებაც მოხდება.
2. ამ მონაცემების საფუძველზე გაკეთდა შემდეგი დასკვნები:
 - 1). ამინდის ცვლილებას ხელს უწყობს გეომაგნიტური შტორმები, ხშირ შემთხვევაში კი არამდგრადი ამინდის წარმოქმნელიც კი არის.
 - 2) ლოკალური ამინდის ჩამოყალიბება და განვითარება პირდაპირ კავშირშია დედამიწის მაგნიტური ველის შემოფარგლთან.
 - 3) შტორმების შედეგად გაზრდილია ელექტრული აქტივობა, რაც გამოიხატება ელქექების ინტენსივობის გაზრდაში, ხოლო ეს უკანასკნელი იწვევს სეტყვის პროცესების გააქტიურებას, რაც გამოიხატება კიდევ სეტყვიანობის ზრდის შემთხვევებზე.

4) იონოსფეროს ამინდის საპროგნოზო ამოცანა აქტუალურია საქართველოს რეგიონისათვის

3. დამუშავდა დედამიწის მაგნიტური ველის მოდელი WMM, რომლის საშუალებით ც გაკეთდა 2015წ. ველის სხვადასხვა პარამეტრების და მდგენელების რუკები.

4. კვლევები უნდა გაგრძელდეს დამატებით კოსმოსური სხივების დამატებით და მათი გავლენის გამოაკვლევად ნალექების ტიპსა და რაოდენობაზე

5. ასევე საინტერესოა კოსმოსური სხივების და მზის კორონალური ამოფრქვევების კავშირის გავლენა ღრუბლის საფარზე და ნალექებზე.

დანართი

ცხრ.1. თბილისი 2015

დღე	წნევა	საშ. ტემპერატურა T _{საშ.} (°C).	ქარის სიჩქ. მაქს. U _{მაქს.} (მ/წმ)	ფარდობითი ტენიანობა. %	ნალექები მმ.	გეო-მაგნიტური შტორმი ინდექსი
19.05.15	727	19	7	62	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა მცირე წვიმა	K- 6. G2 -
18.05.15	728	18	7	60	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	K- 5. G1 -
17.05.15	727	16	13	68	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
14.05.15	724	13	8	82	სუსტი წვიმა	G1
13.05.15	725	12	11	85	სუსტი წვიმა	K- 4. G2 - Moderate
12.05.15	727	15	10	80	თავსხმა წვიმა	K- 4 G1 - Minor
11.05.15	725	15	9	71	თავსხმა წვიმა	K- 4
10.05.15	723	12	9	80	სუსტი წვიმა	K- 4. G1.
07.05.15	723	13	15	51	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	K- 4. G1 - Minor
06.05.15	724	14	11	51	სუსტი წვიმა	K- 5. G1 - Minor
05.05.15	723	14	18	61	სუსტი წვიმა	R3 - Strong
08.06.15	728	21	9	67	0.7 in 12 h. ელჭექი	G2 – Moderate, K- 6
10.06.15	721	23	18	67	2.0 in 12 h.	G1 (Minor)

					ელტექი	
12.06.15	723	23	10	70	ელტექი	K- 4
14.06.15	723	22	12	63	თავსხმა წვიმა	K- 4. G1 – Minor.
15.06.15	721	22	10	64	0.3 in 12 h.	Geomagnetic K-index of 4 expected. G1 (Minor).
16.06.15	719	23	10	65	0.3 in 12 h	Geomagnetic K-index of 4 expected. G1 Minor
17.06.15	718	24	10	61	0.3 in 12 h Rain.	Geomagnetic K-index of 4 expected. G1 - Minor
18.06.15	718	25	9	62	-	S1 - Minor
19.06.15	719	25	8	60	სუსტი წვიმა	Category G1
20.06.15	718	19	10	70	0.6 in 12 h თავსხმა წვიმა	Category G1
22.06.15	719	25	10	65	5.0 in 12 h	G1 (Minor) G3 (Strong) S3 - Strong
23.06.15	720	28	10	60	-	G1 (Minor) G3 (Strong)
24.06.15	719	28	9	60		G1 (Minor)
25.06.15	718	27	9	60		G1 (Minor) G3 (Strong)
26.06.15	718	23	12	75	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
27.06.15	718	22	12	75	წვიმა ელტექით	G2 (Moderate)
28.06.15	718	25	10	64	თავსხმა წვიმა	G2

						(Moderate)
02.08.15	726	30	11	51	სუსტი წვიმა	Geomagnetic K-index of 4 expected
06.08.15	723	30	8	45	წვიმა ელჭექით shower(s),	Geomagnetic Storm Category G1
07.08.15	727	28	9	33	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic Storm Category G1
09.08.15	729	26	5	40	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1 (Minor)
10.08.15	728	26	6	40	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1 (Minor)
13.08.15	724	29	6	45	წვიმა ელჭექით	G1 – Minor. G3 or greater - Strong to Extreme
16.08.15	721	30	19	42	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა. 18.08.15- Thunderstorm in the vicinity. 19.08.15- Thunderstorm in the vicinity	G2 - Moderate
19.08.15	725	28	8	55	წვიმა ელჭექით	G1 - Minor
20.08.15	725	28	13	60	წვიმა ელჭექით	Storm Category G1
22-23 .08.15	724	23	4	67	თავსხმა წვიმა	G1 – Minor G2 - Moderate
24.08.15	722	21	8	76	სუსტი წვიმა	X-Ray Flux exceeded M5. R2 - Moderate

27.08.15	730	18	5	80	სუსტი წვიმა, mist	G2 - Moderate
28.08.15	730	20	4	70	Few clouds (10-30%) 1170 m, გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds.	G2 – Moderate G3 or greater - Strong to Extreme
29.08.15	730	22	4	61	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1290 m, cumulonimbus clouds	G1 - Minor
04.09.15	727	25	4	51	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 - Minor
07.09.15	727	26	7	47	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulus congestus of great vertical extent	G1 - Minor
08.09.15	726	27	8	44	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulus congestus of great vertical extent	G2 (Moderate)
09.09.15	727	26	9	53	Scattered clouds (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G2 - Moderate ,Geomagnetic K-Index of 6 expected
10.09.15	730	26	7	50	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic Storm Category G2
11.09.15	729	25	3	50	11.09.15- No Significant Clouds. სუსტი წვიმა	G3 or greater - Strong to Extreme
28.09.15	730	19	5	46	28.09.15- უმნიშვნელო ღრუბლიანობა, სუსტი წვიმა 26.09.15- Thunderstorm.	R2 - Moderate

ცხრ.2. თბილისი 2015-16-17

23.03.16	723	8	14	71	თავსხმა წვიმა	K<4
24.03.16	725	12	9	73	-	K<4
25.03.16	722	12.8	14	73	თქეშიწვიმა. Cumulusnimbus. Shower(s) in the vicinity.	K>4
10.04.16	727	13	5	94	18 თქეშიწვიმა. Cumulusnimbus shower(s), rain, mist.	G1
11.04.16	725	15	9	83	21 თქეშიწვიმა. Cumulusnimbus	G1
12.04.16	721	15	4	87	თქეშიწვიმა. Cumulusnimbus.	G1
13.04.16	722	16	12	75	-Mist	G1
14.04.16	722	16	11	68	სუსტი წვიმა	G1
26.04.16	721	20	13	65	2 წვიმა, ელტექით. Cumulusnimbus	G1 (Minor) storm.
27.04.16	724	18	12	72	1 თავსხმა წვიმა	G1 (Minor) storm.
28.04.16	725	15.5	8	86	4 წვიმა, ელტექით. Cumulusnimbus	G1 (Minor) storm.

29.04.16	726	14.7	11	79	20 წვიმა, ელტექით. Cumulusnimbus თავსხმა წვიმა	G1 (Minor) storm.
30.04.16	725	15.3	12	73	ელტექი	G1 (Minor) storm.
06.05.16	723	16	12	80	2 მმ. წვიმა ელტექით	K<4
07.05.16	723	14	12	90	14 წვიმა, ელტექით	K<4
08.05.16	727	16	14	71	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	K>4 23
09.05.16	730	17	8	70	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	K>4
19.05.16	722	17.8	14	77	7 წვიმა, ელტექით თავსხმა წვიმა	
20.05.16	726	18.2	16	66	ელტექი rain.	G1 (Minor) storm
21.05.16	728	18.2	8	74	ელტექი თავსხმა წვიმა	G1 (Minor) storm
03.06.16	722	22	10	70	1 მმ ხანმოკლეწვიმა- ელტექი	K<4
04.06.16	724	20.3	7	82	ელტექი thunderstorm, rain	K<4
05.06.16	723	19.4	12	85	16 მმ ძლიერიწვიმა, ელტექით. Cumulusnimbus. Thunderstorm.	K>4

06.06.16	724	21	10	70	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	-
14.06.16	725	23	4	61	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2 (Moderate)
15.06.16	723	24	4	60	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Minor)
23.06.16	729	26	4	57	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1650 m, and Cumulusnimbus Clouds. ელჭექი	G1-Minor
06.07.16	724	23	5	71	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
07.07.16	724	24	5	62	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1680 m, and Cumulusnimbus Clouds.	C5
08.07.16	723	22	12	64	Broken Clouds(60- 90%, 1500 m), cumulusnimbus Clouds	G1 (Kp5) minor
10.07.16	725	21	5	67	Thunderstorm,rain,,Sc attered clouds (40-50%) 1260 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 1800 m	C8.64 Class
12.07.16	727	23	14	56	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1(Kp5) minor
17.07.16	726	29	9	47	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1-Minor
18.07.16	723	29	4	46	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C1
21.07.16	724	26	12	67	Broken Clouds(60-90%, 1600 m), cumulusnimbus Clouds	M1.2 Class
22.07.16	724	26	12	64	no clouds	C6.6 Class
23.07.16	724	25	10	55	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-	M5.0 at 02:11 UT

					50%) 1500 m, and Cumulusnimbus Clouds.	M7.6 at 05:16 UT M5.5 at 05:31 UT
24.07.16	723	24	13	55	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, and Cumulusnimbus Clouds.	M2.0 at 06:20 UTC M1.97 at 17:43 UT
25.07.16	723	23	15	53	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Kp5) minor
31.07.16	725	25	5	63	სუსტი წვიმა	G2 (Moderate)
03.08.16	724	28	4	53	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2
07.08.16	725	29	7	42	ელქექი თავსხმა წვიმა	M1.37 at 14:44 UTC 8.5 at 15:09 UTC
23.08.16	728	27	5	36	no clouds	G1 (Minor)
27.08.16	727	29	10	48	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, and Cumulusnimbus Clouds	G1
30.08.16	727	28	6	45	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, Broken Clouds(60-90%, 1600 m).	G1
01.09.16	723	24	17	58	ელქექი	G1 (Kp5) minor
02.09.16	725	23	15	58	ელქექი	G2
03.09.16	726	20	5	77	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 780 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 1020 m	G2 (Kp6)
05.09.16	726	23	11	59	ელქექი	G1 (Minor)
16.09.16	726	19	10	64	სუსტი წვიმა	G1 (Minor)

17.09.16	725	20	11	58	სუსტი წვიმა	G1 (Minor)
20.09.16	724	21	6	50	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Minor)
25.09.16	728	15	10	60	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Minor)
26.09.16	727	16	9	62	Broken clouds (60-90%) 1560 m	G2 (Kp6)
27.09.16	727	17	13	52	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1 (Kp5)
29.09.16	728	14	17	57	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G2 (Kp6) G2 until 29/0300 UTC and G1 until 29/0600 UTC
01.10.16	734	15	7	62	Few clouds (10-30%) 1200 m, broken clouds (60-90%) 2070 m	G1 (Minor)
11.10.16	728	16	10	78	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
13.10.16	729	13	5	95	თავსხმა წვიმა Drizzle, mist	G1 (Kp5) minor, G2 (Kp6) moderate at 1759 UTC
14.10.16	726	14	15	80	სუსტი წვიმა, mist	G3 (Strong)
16.10.16	729	13	12	65	სუსტი წვიმა	G1 (Minor)
17.10.16	730	9	6	87	სუსტი წვიმა	C4.2 class at 00:38
20.10.16	732	8	2	84	roken clouds (60-90%) 780 m, cumulonimbus clouds , overcast (100%) 960 m	G1 (Minor)
22.10.16	734	9	4	95	Drizzle, mist	G2 (Moderate)
25.10.16	735	4	6	93	სუსტი წვიმა	G1 (Kp5)G3 (Kp7) strong. G3 until

						25/1800 UTC.
26.10.16	734	3	5	91	Light drizzle, სუსტი წვიმა	G2 (Kp6) moderate.
27.10.16	732	5	3	83	Mist, Fog.	G1 (Kp5)
29.10.16	730	10	7	82	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Kp5) minor.
09.11.16	730	11	6	69	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1-Minor
13.11.16	732	9	5	91	Light drizzle, fog.	G1-Minor
22.11.16	741	0.8	4	85	Mist	G1 (Minor)
29.11.16	724	7	9	50	No Significant Clouds	C7.5 Class at 07:10 UT
30.11.16	723	7	8	56	სუსტი წვიმა	R1 (Minor)
10.12.16	723	5	13	65	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1 (Kp5)
21.12.16	724	5	9	74	Broken clouds (60- 90%) 2040 m	G2 (Kp6) moderate
01.04.16	724	10.1	11	78	Cumulus humilis ნალექებიარფიქსირდ ება.	
02.04.16	723	12	11	90	ნალექებიარფიქსირდ ება.	
03.04.16	723	9	19	80	Cumulonimbus calvus. ნალექებიარფიქსირდ ება	
04.04.16	724	8	12	70	Cumulonimbus calvus. 50%	
05.04.16	725	10.4	8	80	Cumulus humilis 20%	
06.04.16	724	10	8	85	Cumulonimbus calvus. 50%	

ცხრ.3. თბილისი-2017

28.09.17	725	13	6	86	თავსხმა წვიმა	G2 (Moderate)
27.09.17	724	17	6	77	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
16.09.17	723	26	6	51	წვიმა ელჭექით	G2 (Kp6) moderate
14.09.17		26	9	37	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2
12.09.17	725	24	5	59	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C3.0 Class at 07:29 UTC AR2680
11.09.17	724	26	5	56	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	S3 (Strong)
10.09.17		24	4	55	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	X8-class
09.09.17	729	23	4	52	Scattered clouds (40-50%) 1410 m.	X9
08.09.17	728	29	14	60	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G4-class
07.09.17	723	23	22	54	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	class X9
06.09.17	724	27	6	54	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1260 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 2040 m	X9.3-class
05.09.17	727	27	5	52	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	S2 (Moderate)
04.09.17	726	26	4	52	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	M1.5 Class at 15:30 UTC AR2673
02.09.17	724	25	12	58	წვიმა ელჭექით	C7.7 class
31.08.17	725	28	10	50	უმნიშვნელო	G1-class

					ღრუბლიანობა	
30.08.17	724	27	11	55	Scattered clouds (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	C5.27 at 18:45 UTC
22.08.17	723	28	6	33	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა (10-30%) 2070 m	G2 (Kp6) moderate
20.08.17	727	28	8	32	Broken clouds (60-90%) 2040 m	G1 (Kp5) minor
19.08.17	727	28	6	40	Broken clouds (60-90%) 2010 m	G1 (Kp5) minor
17.08.17	725	26	5	47	Scattered clouds (40-50%) 1770 m, cumulonimbus clouds	G1 (Kp5) minor
15.08.17	724	29	10	50	Scattered clouds (40-50%) 1470 m, cumulonimbus clouds	G1 (Kp5) minor
04.08.17		34	5	47	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2-class
05.08.17		35	5	53	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1-class
17.07.17	727	28	5	39	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G2 (Kp6) moderate
16.07.17	722	27	5	53	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2-class
14.07.17	720	24	4	52	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	M2-class
09.07.17	721	20	10	55	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	M-class
03.07.17	724	29	6	45	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	M1.3
02.07.17	726	28	7	44	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Kp5) minor
15.06.17	716	19	16	70	თავსხმა წვიმა	G1-class
16.06.17	720	18	12	57	Light showers(rain). ელჭექი ,rain,, გაფანტული	G1-class

					ღრუბლიანობა (40-50%) 1460 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 1650 m.	
02.06.17	724	19	17	54	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulus congestus of great vertical extent	M-class
01.06.17	719	19	13	62	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C-class
27.05.17	720	17	17	70	ელჭექი,rain, broken clouds (60-90%) 2070 m. cumulonimbus clouds.	G2-class
29.05.17	729	19	10	68	თავსხმა წვიმა	C3.3 at 19:28:00 UTC AR2659
28.05.17	720	18	10	66	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1380 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 2040 m	G2-class
19.05.17	718	16	9	86	Thunderstorm,rain, Broken Clouds(60-90%, 1500 m), cumulusnimbus Clouds..	G2-class
20.05.17	717	15	5	93	Showers,rain, Broken Clouds(60-90%, 2100 m), cumulusnimbus Clouds..	G2-class
16.05.17	718	17	17	60	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1-class
17.05.17	721	17	14	57	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2-class

15.05.17	723	18	14	66	shower(s), rain	
23.04.17	726	12	19	60	ელჭექი თავსხმა წვიმა	G2 (Kp6) moderate
22.04.17	726	11	24	59	Scattered clouds (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G2 (Kp6) moderate
18.04.17	725	18	5	56	no clouds	C5-class
19.04.17	724	13	22	60	სუსტი წვიმა	C5-class
02.04.17	730	6	9	84	სუსტი წვიმა	M2.1 at 18:38 UT AR2644
01.04.17	730	8	9	65	სუსტი წვიმა	M-class
27.03.17	723	12	17	57	სუსტი წვიმა	G2-class
28.03.17	725	7	19	61	სუსტი წვიმა	G2-class
23.03.17	727	8	11	46	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2-class
01.03.17	731	8	4	61		G1-class
26.02.17	727	7	17	56	Scattered clouds (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G3
23.02.17	725	7	14	57	სუსტი წვიმა	G1-class
22.02.17	723	7	12	55	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	C4.1 Class at 13:27 UT by AR2638
01.02.17	725	7	14	57	Light snow, mist.	G1-class
21.01.17	729	2	13	77	Freezing (supercooled) fog, Mist	C9.3 class
17.01.17	730	1	4	74	Mist, Haze.	G1 (Minor)
12.01.17	729	2	6	71	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C3.8 class at 16:18 UTC
05.01.17	728	2.6	8	58	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Minor)
04.01.17	725	3.3	11	50	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Minor)

ცხრ.4 თბილისი 2014

დღე	წნევა	საშ.ტემპერატურა T _{საშ.} (°C).	ქარის სიჩქარის მაქს.მნიშ. ს _{მაქს.} (მ/წმ)	ფარდობით ტენიანობა. %	ნალექები მმ.	K ინდექსი
31.01.14	727	-2.4	3	95	Light snow, mist	Geomagnetic Storm Category G1
30.01.14	727	-2.3	4	96	Freezing (supercooled) rain, snow	R2 - Moderate
27.01.14	724	3	3	92	Light drizzle, mist. თავსხმა წვიმა	X-Ray Flux exceeded M5
22.01.14	725	4.4	4	89	Mist, თავსხმა წვიმა overcast (100%). Drizzle.	Geomagnetic K-index of 4 expected
14.01.14	725	2.7	17	63	თავსხმა წვიმა Overcast (100%)	Geomagnetic K-index of 4 expected
12.01.14	727	6	15	60	Strong breeze. (13 m/s).	S3 - Strong
11.01.14	725	4	16	60	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა Strong breeze (12 m/s).	2020 UTC, S3 – Strong, 1900 UTC. S1 - Minor

09.01.14	731	1.1	4	74	Mist. Overcast (100%)	S3 – Strong. Geomagnetic K-index of 4 expected. G3 (Strong)
06.01.14	733	-0.4	5	75	Mist. Overcast (100%)	S3 - Strong
10.01.14	728	4.3	9	52	No Significant Clouds	Geomagnetic K-index of 4 expected. G3 (Strong)
08.01.14	730	5	15	60	გაფანტული ღრუბლიანობ ა (40- 50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	S3 – Strong. Below G1.
07.01.14	729	0.7	6	64	უმნიშვნელო ღრუბლიანობ ა	S3 – Strong, S2 – Moderate. R3 - Strong
06.01.14	733	-0.4	5	75	Mist. Overcast (100%)	S2 – Moderate, S1 - Minor
05.01.14	733	-2.4	4	83	Mist	Geomagnetic Storm Category G1
02.01.14	732	1	2	82	Mist. Overcast (100%)	Geomagnetic K-index of 5. NOAA Scale: G1 - Minor
01.01.14	731	2.3	10	69	No Significant Clouds	1903 UTC R2 – Moderate.

28.02.14	727	8	7	77	Mist, overcast (100%), rain.	S2 - Moderate
27.02.14	728	7	8	72	თავსხმა წვიმა. overcast (100%),	G2 - Moderate
25.02.14	732	4	3	75	უმნიშვნელო დრუბლიანობა (10-30%) 690 m, overcast (100%)	NOAA Scale: R3 - Strong
23.02.14	734	2	4	93	Light drizzle, mist. Rain.	Geomagneti c K-index of 4 expected
21.02.14	723	10	17	56	Strong breeze (13 m/s). Wind blowing from the north- west 22 m/s.	Geomagneti c Storm Category G1 Predicted
20.02.14	728	6	5	70	უმნიშვნელო დრუბლიანობა	NOAA Scale: G2 – Moderate.
19.02.14	728	8	22	54	თავსხმა წვიმა Wind blowing from the north- west 31 m/s.	G2 - Moderate
16.02.14	723	7	16	64	Mist. Wind blowing from the north- west 23 m/s.	G1 - Minor

13.02.14	730	4	3	86	Mist. Overcast (100%) Fog.	Geomagnetic Storm Category G1 Predicted
9.02.14	729	0.2	4	77	Mist.	Below G1
08.02.14	728	-1.2	7	76	Mist. No Significant Clouds	G1 (Minor)
07.02.14	730	-1.7	3	80	Mist. Overcast (100%).	Below G1
04.02.14	733	-10	3	75	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა (10-30%) 540 m, გაფანტული ღრუბლიანობა (60-90%) 750 m, broken clouds (60-90%) 1080 m.	R2 - Moderate
31.03.14	723	3	15	48	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 2040 m	Below G1
29.03.14	716	8	12	80	თავსხმა წვიმა overcast (100%).	R2 - Moderate
13.03.1	721	7	14	56	გაფანტული	G1 - Minor

4					ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 2220 m	
12.03.14	718	9	15	61	Strong breeze(13 m/s). Wind blowing from the north-west 21 m/s.	R2 - Moderate
03.02.14	723	10	4	65	Mist	S1 – Minor S2 - Moderate
02.03.14	723	7	4	78	Mist	S1 - Minor
01.03.14	727	8	5	61	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	S1 - Minor

ბათუმი 2014

დღე	წნევა	საშ.ტემპერატურა T _{საშ.} (°C).	ქარის სიჩქარი ს მაქს.მნი შ. U _{მაქს.} (მ/წმ)	ფარდობი თი ტენიანობა. %	ნალექები მმ.	K ინდექსი
31.01.14	772	6	5	88	თავსხმა წვიმა Overcast (100%).cumulonimb us clouds.	Geomagnetic Storm Category G1
30.01.14	763	9	9	83	თავსხმა წვიმა	R2 - Moderate
27.01.14	751	16	12	42	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%), overcast (100%) .	X-Ray Flux exceeded M5
22.01.14	757	14	13	53	თავსხმა წვიმა overcast (100%) .	Geomagnetic K-index of 4 expected
14.01.14	765	6	16	80	წვიმა ელჭექით	Geomagnetic K-index of 4 expected
12.01.14	765	9	8	75	თავსხმა წვიმა	S3 - Strong
11.01.14	764	9	12	62	თავსხმა წვიმა	2020 UTC, S3 – Strong, 1900 UTC. S1 - Minor
09.01.14	765	7	11	68	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა . Strong breeze	S3 – Strong. Geomagnetic K-index of 4 expected. G3 (Strong)

					(12 m/s)	
06.01.14	767	7	11	54	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა Strong breeze (11 m/s).	S3 - Strong
10.01.14	764	7	6	60	No Significant Clouds Strong breeze (13 m/s).	Geomagnetic K-index of 4 expected. G3 (Strong)
08.01.14	768	8	11	81	წვიმა ელჭექით	S3 – Strong. Below G1.
07.01.14	766	8	10	48	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	S3 – Strong, S2 – Moderate. R3 - Strong
06.01.14	767	6	11	54	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	S2 – Moderate, S1 - Minor
05.01.14	768	6	9	62	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic Storm Category G1
02.01.14	766	5	9	72	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic K-index of 5. NOAA Scale: G1 - Minor
01.01.14	767	6	8	75	Light rain. Overcast (100%). Drizzle.	1903 UTC X-ray Class: M9.9, NOAA Scale: R2 – Moderate. 1346 UTC Geomagnetic K-index of 4.
28.02.14	764	8	4	90	Light rain, Drizzle	S2 - Moderate

27.02.14	765	9	4	86	Light rain, Drizzle	G2 - Moderate
25.02.14	758	11	12	77	Fog in the vicinity	NOAA Scale: R3 - Strong
23.02.14	761	10	4	81	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა (10-30%) 480 m, scattered clouds (40-50%) 2100 m	Geomagnet ic K-index of 4 expected
21.02.14	762	12	11	70		Geomagnet ic Storm Category G1 Predicted
20.02.14	762	13	14	54	Wind blowing from the south-east 20 m/s. Strong breeze (12 m/s).	NOAA Scale: G2 – Moderate.
19.02.14	768	10	10	81	თავსხმა წვიმა	G2 - Moderate
16.02.14	763	10	8	83	თავსხმა წვიმა	G1 - Minor
13.02.14	758	13	12	44	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnet ic Storm Category G1 Predicted
9.02.14	762	10	11	40	No Significant Clouds	Below G1
08.02.14	765	7	10	56	No Significant Clouds	G1 (Minor)
07.02.14	764	7	7	66	No Significant Clouds	Below G1
04.02.14	767	3	9	45	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 900 m, overcast (100%) 2100 m	R2 - Moderate

31.03.1 4	763	4	6	77	თავსხმა წვიმა	Below G1
29.03.1 4	753	10	14	91	თავსხმა წვიმა	R2 - Moderate
13.03.1 4	762	7	7	84	თავსხმა წვიმა	G1 - Minor
12.03.1 4	758	7	6	92	თავსხმა წვიმა	R2 - Moderate
03.03.1 4	754	18	11	47	უმნიშვნელო დრუბლიანობა	S1 – Minor S2 - Moderate
02.03.1 4	756	17	11	36	Strong breeze (11 m/s). უმნიშვნელო დრუბლიანობა	S1 - Minor
01.03.1 4	762	10	7	75	უმნიშვნელო დრუბლიანობა	S1 - Minor

ცხრ. 5.. ბათუმი 2015

დღე	წნევა	საშ. ტემპერატურა $T_{საშ.}(^{\circ}C)$.	ქარის სიჩქ. მაქს. სმ/წ მ)	ფარდობითი ტენიანობა. %	ნალექები მმ.	K ინდექსი
19.05.15	727	19	7	62	19.05.15- უმნიშვნელო ღრუბლიანობა 22.05.15-თავსხმა წვიმა	Geomagnetic K-index of 6. G2 - Moderate
18.05.15	728	18	7	60	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic K-index of 5. G1 - Minor
17.05.15	727	16	13	68	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
14.05.15	724	13	8	82	თავსხმა წვიმა	Geomagnetic Storm Category G1
13.05.15	725	12	11	85	თავსხმა წვიმა	Geomagnetic K-index of 4 expected. G2 - Moderate
12.05.15	727	15	10	80	თავსხმა წვიმა	Geomagnetic K-index of 4 expected. S1 - Minor
11.05.15	725	15	9	71	თავსხმა წვიმა	Geomagnetic K-index of 4 expected
10.05.15	723	12	9	80	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic K-index of 4.

						Category G1.
07.05.15	723	13	15	51	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic K-index of 4 expected. G1 - Minor
06.05.15	724	14	11	51	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic K-index of 5. G1 - Minor
05.05.15	723	14	18	61	თავსხმა წვიმა	R3 - Strong
08.06.15	728	21	9	67	0.7 in 12 h. წვიმა ელჭექით	G2 – Moderate Geomagnetic , K-Index of 6 expected
10.06.15	721	23	18	67	2.0 in 12 h. წვიმა ელჭექით	G1 (Minor)
12.06.15	723	23	10	70	წვიმა ელჭექით	Geomagnetic K-index of 4 expected
14.06.15	723	22	12	63	თავსხმა წვიმა	Geomagnetic K-index of 4 expected. G1 – Minor.
15.06.15	721	22	10	64	0.3 in 12 h.	Geomagnetic K-index of 4 expected. G1 (Minor).
16.06.15	719	23	10	65	0.3 in 12 h	Geomagnetic K-index of 4 expected. G1 Minor
17.06.15	718	24	10	61	0.3 in 12 h Rain.	Geomagnetic K-index of 4 expected. G1 - Minor
18.06.15	718	25	9	62	-	S1 - Minor

19.06.15	719	25	8	60	თავსხმა წვიმა	Category G1
20.06.15	718	19	10	70	0.6 in 12 h თავსხმა წვიმა	Category G1
22.06.15	719	25	10	65	5.0 in 12 h	G1 (Minor) G3 (Strong) S3 - Strong
23.06.15	720	28	10	60	-	G1 (Minor) G3 (Strong)
24.06.15	719	28	9	60		G1 (Minor)
25.06.15	718	27	9	60		G1 (Minor) G3 (Strong)
26.06.15	718	23	12	75	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
27.06.15	718	22	12	75	წვიმა ელჭექით	G2 (Moderate)
28.06.15	718	25	10	64	თავსხმა წვიმა	G2 (Moderate)
02.08.15	726	30	11	51	Light shower(s), rain	Geomagnetic K-index of 4 expected
06.08.15	723	30	8	45	წვიმა ელჭექით	Geomagnetic Storm Category G1
07.08.15	727	28	9	33	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic Storm Category G1
09.08.15	729	26	5	40	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1 (Minor)
10.08.15	728	26	6	40	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1 (Minor)
13.08.15	724	29	6	45	წვიმა ელჭექით	G1 – Minor. G3 or greater - Strong to

						Extreme
16.08.15	721	30	19	42	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა 18.08.15- Thunderstorm in the vicinity. 19.08.15- Thunderstorm in the vicinity	G2 - Moderate
19.08.15	725	28	8	55	წვიმა ელჭექით	G1 - Minor
20.08.15	725	28	13	60	Light thunderstorm, თავსხმა წვიმა Thunderstorm in the vicinity,	Storm Category G1
22-23 .08.15	724	23	4	67	თავსხმა წვიმა	G1 – Minor G2 - Moderate
24.08.15	722	21	8	76	თავსხმა წვიმა	X-Ray Flux exceeded M5. R2 - Moderate
27.08.15	730	18	5	80	Light rain, mist	G2 - Moderate
28.08.15	730	20	4	70	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა (10-30%) 1170 m, scattered clouds (40- 50%) 1500 m, cumulonimbus clouds.	G2 – Moderate G3 or greater - Strong to Extreme
29.08.15	730	22	4	61	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1290 m, cumulonimbus clouds	G1 - Minor
04.09.15	727	25	4	51	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 - Minor
07.09.15	727	26	7	47	გაფანტული	G1 - Minor

					ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulus congestus of great vertical extent	
08.09.15	726	27	8	44	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulus congestus of great vertical extent	G2 (Moderate)
09.09.15	727	26	9	53	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G2 - Moderate, Geomagnetic K-Index of 6 expected
10.09.15	730	26	7	50	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	Geomagnetic Storm Category G2
11.09.15	729	25	3	50	11.09.15- უმნიშვნელო ღრუბლიანობა 13.09.16 (Light shower(s), rain)	G3 or greater - Strong to Extreme
28.09.15	730	19	5	46	28.09.15- უმნიშვნელო ღრუბლიანობა 27.09.15- Light shower(s), rain. 26.09.15- Thunderstorm!	R2 - Moderate

ცხრ. 6.. ბათუმი 2016-

23.03.16	723	8	14	71	თავსხმა წვიმა	K<4
24.03.16	725	12	9	73	-	K<4
25.03.16	722	12.8	14	73	თქეშიწვიმა. Cumulusnimbus.	K>4
10.04.16	727	13	5	94	18 თქეშიწვიმა. ნისლი Cumulusnimbus	G1
11.04.16	725	15	9	83	21 თქეშიწვიმა. Cumulusnimbus	G1
12.04.16	721	15	4	87	თქეშიწვიმა. Cumulusnimbus.	G1
13.04.16	722	16	12	75	-Mist	G1
14.04.16	722	16	11	68	თავსხმა წვიმა	G1
26.04.16	721	20	13	65	2 წვიმა, ელჭექით. Cumulusnimbus	G1 (Minor) storm.
27.04.16	724	18	12	72	1 shower(s), rain	G1 (Minor) storm.
28.04.16	725	15.5	8	86	4	G1 (Minor) storm.

					წვიმა, ელჭექით. Cumulusnimbus	
29.04.16	726	14.7	11	79	20 წვიმა, ელჭექით. Cumulusnimbus	G1 (Minor) storm.
30.04.16	725	15.3	12	73	ელჭექი	G1 (Minor) storm.
06.05.16	723	16	12	80	2 მმ. წვიმა ელჭექით	K<4
07.05.16	723	14	12	90	14 წვიმა, ელჭექით	K<4
08.05.16	727	16	14	71	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	K>4 23
09.05.16	730	17	8	70	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	K>4
19.05.16	722	17.8	14	77	7 წვიმა, ელჭექით თავსხმა წვიმა	
20.05.16	726	18.2	16	66	წვიმა ელჭექით .	G1 (Minor) storm
21.05.16	728	18.2	8	74	წვიმა ელჭექით	G1 (Minor) storm
03.06.16	722	22	10	70	1 მმ ხანმოკლეწვიმა- ელჭექი	K<4
04.06.16	724	20.3	7	82	thunderstorm, rain	K<4
05.06.16	723	19.4	12	85	16 მმ ძლიერიწვიმა, ელჭექით.	K>4

					Cumulusnimbus. Thunderstorm.	
06.06.16	724	21	10	70	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	-
14.06.16	725	23	4	61	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2 (Moderate)
15.06.16	723	24	4	60	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Minor)
23.06.16	729	26	4	57	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1650 m, and Cumulusnimbus Clouds. Thunderstorm.	G1-Minor
06.07.16	724	23	5	71	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
07.07.16	724	24	5	62	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1680 m, and Cumulusnimbus Clouds.	C5
08.07.16	723	22	12	64	Broken Clouds(60- 90%, 1500 m), cumulusnimbus Clouds	G1 (Kp5) minor
10.07.16	725	21	5	67	წვიმა ელჭკეით გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1260 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 1800 m	C8.64 Class
12.07.16	727	23	14	56	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1(Kp5) minor
17.07.16	726	29	9	47	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1-Minor
18.07.16	723	29	4	46	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C1
21.07.16	724	26	12	67	Broken Clouds(60-90%, 1600 m), cumulusnimbus Clouds	M1.2 Class

22.07.16	724	26	12	64	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C6.6 Class
23.07.16	724	25	10	55	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, and Cumulusnimbus Clouds.	M5.0 at 02:11 UT M7.6 at 05:16 UT M5.5 at 05:31 UT
24.07.16	723	24	13	55	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, and Cumulusnimbus Clouds.	M2.0 at 06:20 UTC M1.97 at 17:43 UT
25.07.16	723	23	15	53	no clouds	G1 (Kp5) minor
31.07.16	725	25	5	63		G2 (Moderate)
03.08.16	724	28	4	53	no clouds	G2
07.08.16	725	29	7	42	წვიმა	M1.37 at 14:44 UTC 8.5 at 15:09 UTC
23.08.16	728	27	5	36	no clouds	G1 (Minor)
27.08.16	727	29	10	48	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, and Cumulusnimbus Clouds	G1
30.08.16	727	28	6	45	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, Broken Clouds(60-90%, 1600 m).	G1
01.09.16	723	24	17	58	წვიმა ელჭექით	G1 (Kp5) minor
02.09.16	725	23	15	58	წვიმა ელჭექით	G2
03.09.16	726	20	5	77	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 780 m, cumulonimbus clouds, broken clouds (60-	G2 (Kp6)

					90%) 1020 m	
05.09.16	726	23	11	59	Thunderstorm in the vicinity	G1 (Minor)
16.09.16	726	19	10	64	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
17.09.16	725	20	11	58	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
20.09.16	724	21	6	50	No Significant Clouds	G1 (Minor)
25.09.16	728	15	10	60	No Significant Clouds	G1 (Minor)
26.09.16	727	16	9	62	Broken clouds (60-90%) 1560 m	G2 (Kp6)
27.09.16	727	17	13	52	(გაფანტული ღრუბლიანობა 40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1 (Kp5)
29.09.16	728	14	17	57	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G2 (Kp6) G2 until 29/0300 UTC and G1 until 29/0600 UTC
01.10.16	734	15	7	62	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა (10-30%) 1200 m, broken clouds (60-90%) 2070 m	G1 (Minor)
11.10.16	728	16	10	78	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
13.10.16	729	13	5	95	თავსხმა წვიმა	G1 (Kp5) minor, G2 (Kp6) moderate at 1759 UTC
14.10.16	726	14	15	80	თავსხმა წვიმა	G3 (Strong)
16.10.16	729	13	12	65	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
17.10.16	730	9	6	87	თავსხმა წვიმა	C4.2 class at 00:38
20.10.16	732	8	2	84	roken clouds (60-90%) 780 m, cumulonimbus clouds , overcast (100%) 960 m	G1 (Minor)
22.10.16	734	9	4	95	Drizzle, mist	G2

						(Moderate
25.10.16	735	4	6	93	წვიმა ელჭექით	G1 (Kp5)G3 (Kp7) strong. G3 until 25/1800 UTC.
26.10.16	734	3	5	91	Light drizzle, Light rain.	G2 (Kp6) moderate.
27.10.16	732	5	3	83	Mist, Fog.	G1 (Kp5)
29.10.16	730	10	7	82	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1 (Kp5) minor.
09.11.16	730	11	6	69	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1-Minor
13.11.16	732	9	5	91	Light drizzle, fog.	G1-Minor
22.11.16	741	0.8	4	85	Mist	G1 (Minor)
29.11.16	724	7	9	50	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C7.5 Class at 07:10 UT
30.11.16	723	7	8	56	თავსხმა წვიმა	R1 (Minor)
10.12.16	723	5	13	65	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1 (Kp5)
21.12.16	724	5	9	74	Broken clouds (60- 90%) 2040 m	G2 (Kp6) moderate
01.04.16	724	10.1	11	78	Cumulus humilis ნალექებიარფიქსირდ ება.	
02.04.16	723	12	11	90	ნალექებიარფიქსირდ ება.	
03.04.16	723	9	19	80	Cumulonimbus calvus. ნალექებიარფიქსირდ ება	
04.04.16	724	8	12	70	Cumulonimbus calvus. 50%	
05.04.16	725	10.4	8	80	Cumulus humilis 20%	
06.04.16	724	10	8	85	Cumulonimbus calvus. 50%	

ცხრ. 7.. ბათუმი 2017

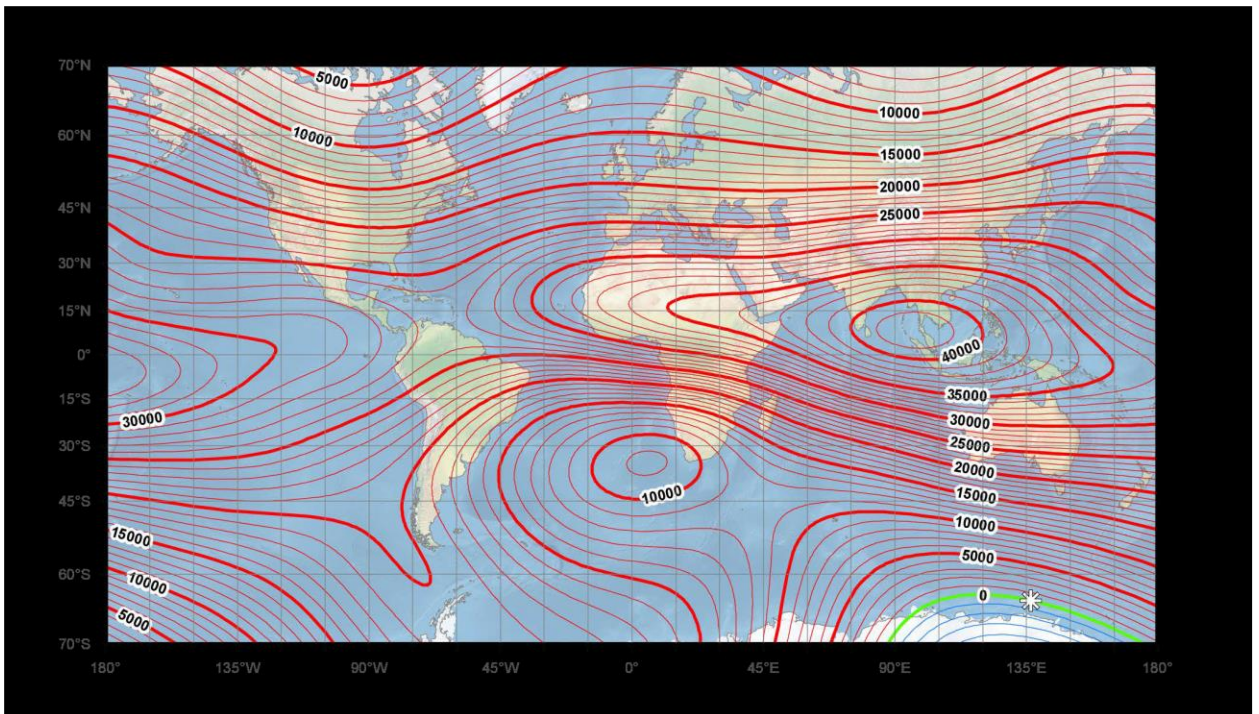
28.09.17	725	13	6	86	თავსხმა წვიმა	G2 (Moderate)
27.09.17	724	17	6	77	თავსხმა წვიმა	G1 (Minor)
16.09.17	723	26	6	51	წვიმა ელჭექით	G2 (Kp6) moderate
14.09.17		26	9	37	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2
12.09.17	725	24	5	59	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C3.0 Class at 07:29 UTC AR2680
11.09.17	724	26	5	56	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	S3 (Strong)
10.09.17		24	4	55	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	X8-class
09.09.17	729	23	4	52	Scattered clouds (40-50%) 1410 m.	X9
08.09.17	728	29	14	60		G4-class
07.09.17	723	23	22	54	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	class X9
06.09.17	724	27	6	54	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1260 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 2040 m	X9.3-class

05.09.17	727	27	5	52	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	S2 (Moderate)
04.09.17	726	26	4	52	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	M1.5 Class at 15:30 UTC AR2673
02.09.17	724	25	12	58	წვიმა ელჭექით	C7.7 class
31.08.17	725	28	10	50	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1-class
30.08.17	724	27	11	55	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	C5.27 at 18:45 UTC
22.08.17	723	28	6	33	Few clouds (10- 30%) 2070 m	G2 (Kp6) moderate
20.08.17	727	28	8	32	Broken clouds (60- 90%) 2040 m	G1 (Kp5) minor
19.08.17	727	28	6	40	Broken clouds (60- 90%) 2010 m	G1 (Kp5) minor
17.08.17	725	26	5	47	Scattered clouds (40- 50%) 1770 m, cumulonimbus clouds	G1 (Kp5) minor
15.08.17	724	29	10	50	Scattered clouds (40- 50%) 1470 m, cumulonimbus clouds	G1 (Kp5) minor
04.08.17		34	5	47		G2-class
05.08.17		35	5	53		G1-class
17.07.17	727	28	5	39	გაფანტული ღრუბლიანობა (40- 50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G2 (Kp6) moderate
16.07.17	722	27	5	53	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2-class
14.07.17	720	24	4	52	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	M2-class
09.07.17	721	20	10	55	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	M-class
03.07.17	724	29	6	45	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	M1.3
02.07.17	726	28	7	44	უმნიშვნელო	G1 (Kp5)

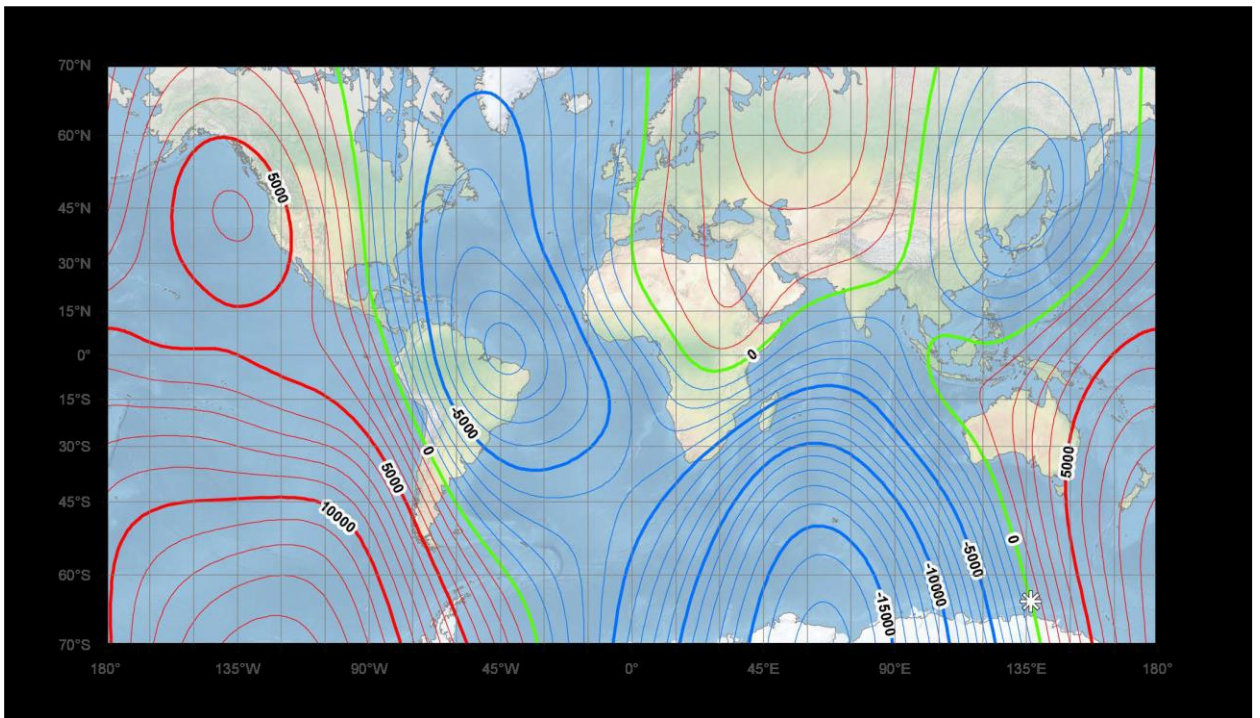
					ღრუბლიანობა	minor
15.06.17	716	19	16	70	თავსხმა წვიმა	G1-class
16.06.17	720	18	12	57	წვიმა ელჭექით გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1460 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 1650 m.	G1-class
02.06.17	724	19	17	54	Scattered clouds (40-50%) 1500 m, cumulus congestus of great vertical extent	M-class
01.06.17	719	19	13	62	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C-class
27.05.17	720	17	17	70	Thunderstorm,rain, broken clouds (60-90%) 2070 m. cumulonimbus clouds.	G2-class
29.05.17	729	19	10	68	shower(s), rain	C3.3 at 19:28:00 UTC AR2659
28.05.17	720	18	10	66	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1380 m, cumulonimbus clouds , broken clouds (60-90%) 2040 m	G2-class
19.05.17	718	16	9	86	წვიმა ელჭექით , Broken Clouds(60-90%, 1500 m), cumulusnimbus Clouds..	G2-class
20.05.17	717	15	5	93	თავსხმა წვიმა , Broken Clouds(60-90%, 2100 m), cumulusnimbus	G2-class

					Clouds..	
16.05.17	718	17	17	60	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G1-class
17.05.17	721	17	14	57	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2-class
15.05.17	723	18	14	66	shower(s), rain	
23.04.17	726	12	19	60	თავსხმა წვიმა	G2 (Kp6) moderate
22.04.17	726	11	24	59	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G2 (Kp6) moderate
18.04.17	725	18	5	56	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	C5-class
19.04.17	724	13	22	60	Light showers (rain).	C5-class
02.04.17	730	6	9	84	Light shower(s), rain	M2.1 at 18:38 UT AR2644
01.04.17	730	8	9	65	Light showers (rain).	M-class
27.03.17	723	12	17	57	Light showers (rain).	G2-class
28.03.17	725	7	19	61	Light showers (rain).	G2-class
23.03.17	727	8	11	46	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G2-class
01.03.17	731	8	4	61	უმნიშვნელო ღრუბლიანობა	G1-class
26.02.17	727	7	17	56	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	G3
23.02.17	725	7	14	57	Light showers (rain).	G1-class
22.02.17	723	7	12	55	გაფანტული ღრუბლიანობა (40-50%) 1500 m, cumulonimbus clouds	C4.1 Class at 13:27 UT by AR2638
01.02.17	725	7	14	57	Light snow, mist.	G1-class

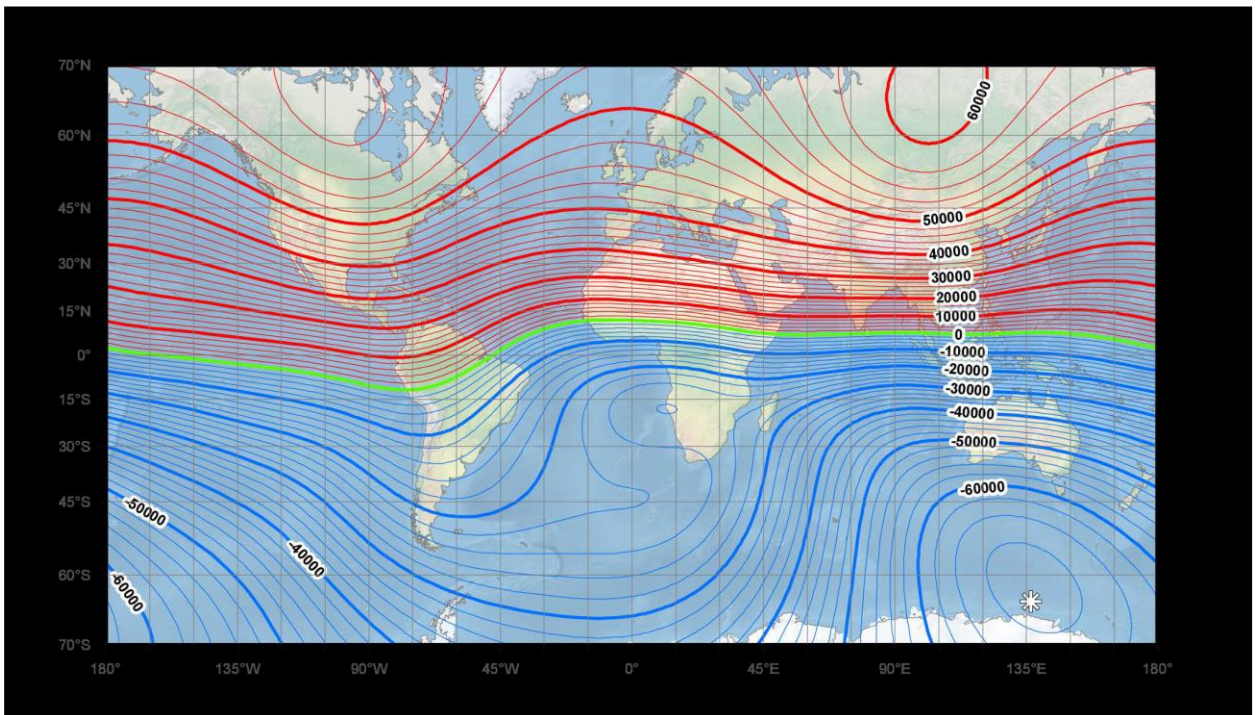
21.01.17	729	2	13	77	Freezing (supercooled) fog, Mist	C9.3 class
17.01.17	730	1	4	74	Mist, Haze.	G1 (Minor)
12.01.17	729	2	6	71	უმნიშენელო ღრუბლიანობა	C3.8 class at 16:18 UTC
05.01.17	728	2.6	8	58	უმნიშენელო ღრუბლიანობა	G1 (Minor)
04.01.17	725	3.3	11	50	უმნიშენელო ღრუბლიანობა	G1 (Minor)



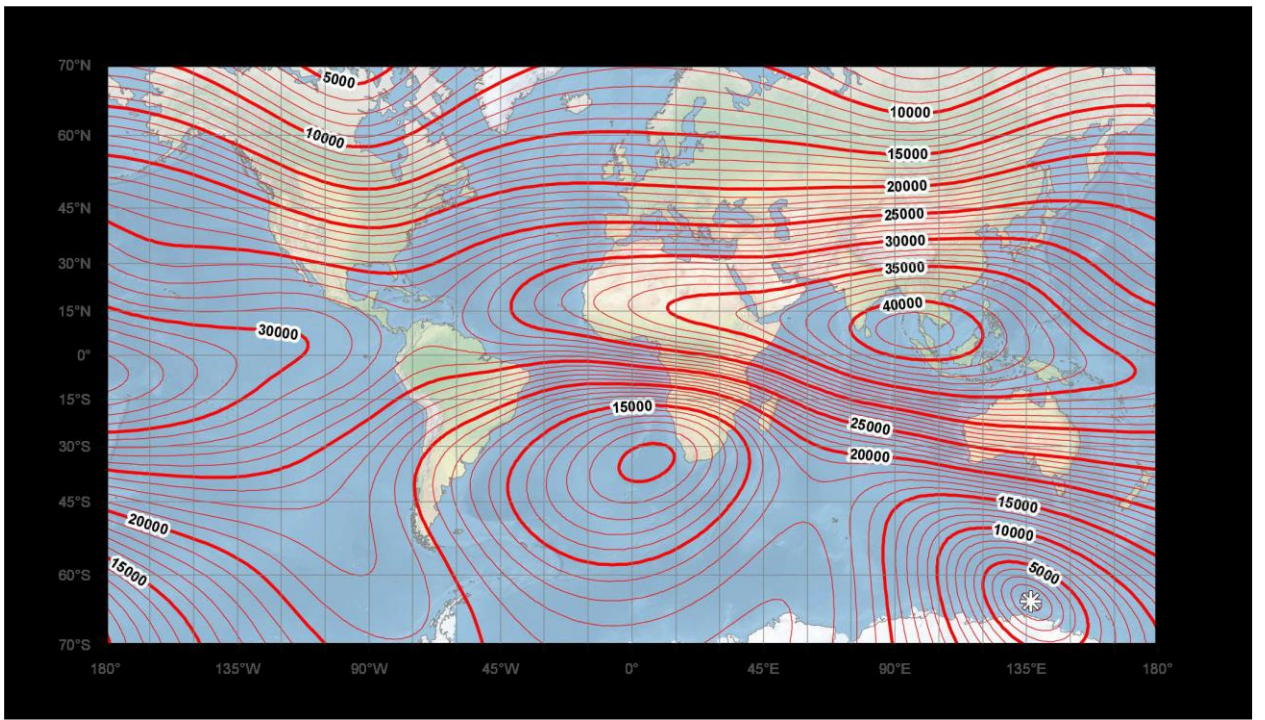
ველის ჩრდილო კომპონენტი



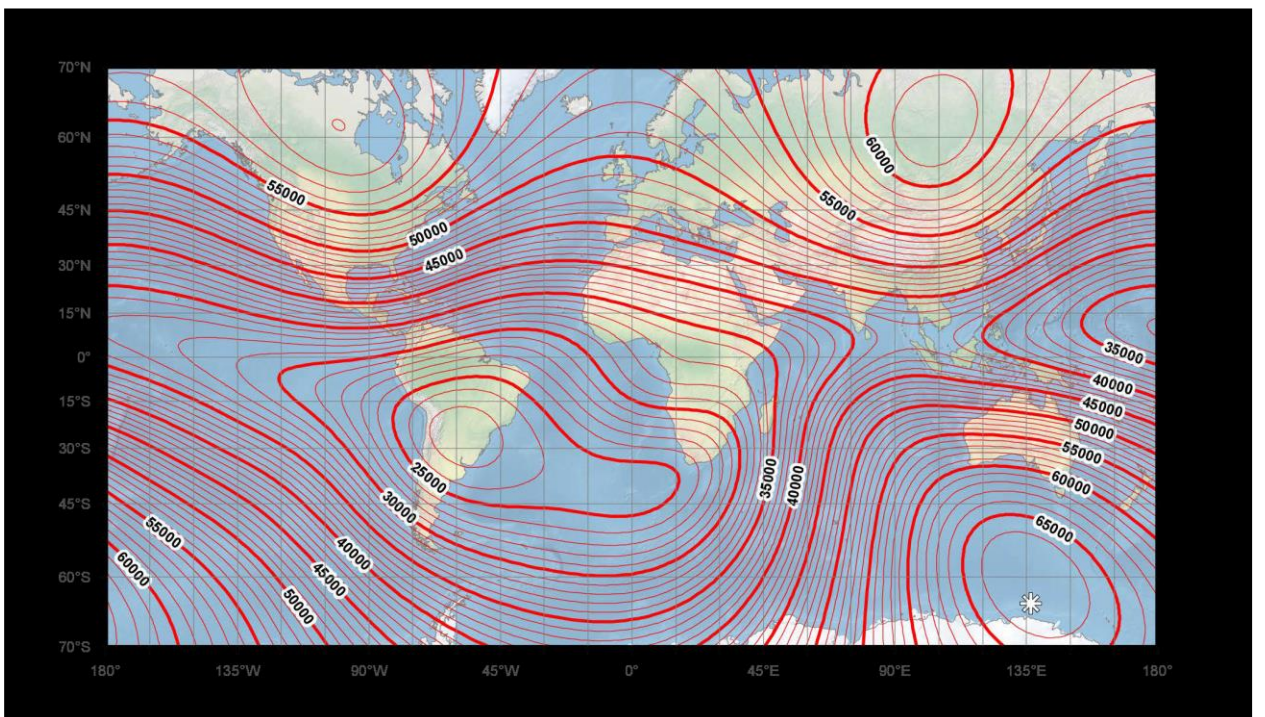
ველის სამხრეთ (Y) კომპონენტი ინტერვალი 1000 nT წითელი კონტური დადებითი (სამხრ) ცისფერი-უარყოფითი, მწვანე-0



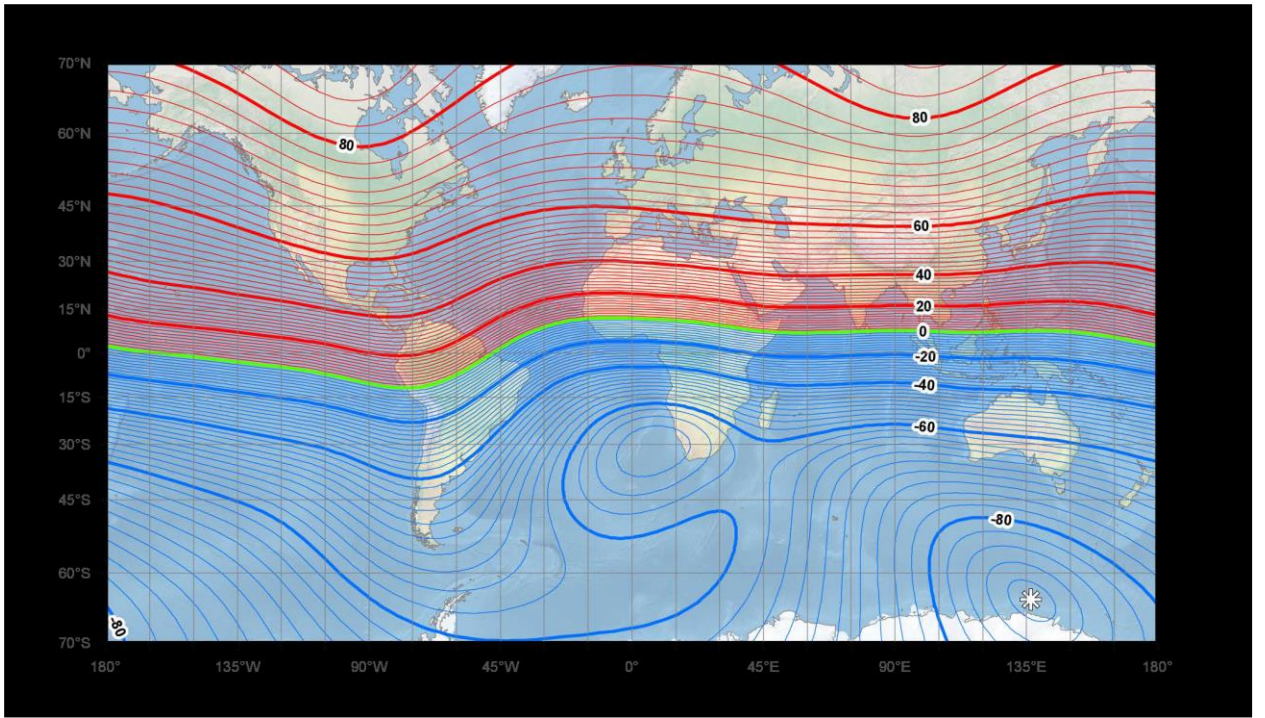
ველის Z კომპონენტი



ველის პორიზონტალური მდგენელი



ველის სრული ინტენსივობა (F). ინტეგრალი 1000 nT



ველის გადახრა(II) . კონტურის ინტერვალი 2 გრად. წითელი-დაღებითი, ცისფერი-
 უარყოფითი, მწვანე-0

ლიტერატურა

1. Modulation of Cosmic Ray Precipitation Related to Climate J. Feynman and A. Ruzmaikin Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California
4. Atmospheric Ionization and Clouds as Links Between Solar Activity and Climate
5. Brian A. Tinsley¹ and Fangqun Yu. ¹University of Texas at Dallas, Richardson, TX (Tinsley@UTDallas.edu) State University of New York at Albany, 2001
6. Space Environment Center 29 SOLAR PHYSICS AND TERRESTRIAL EFFECTS Chapter 4
7. **COSMIC RAYS, CLOUDS, AND CLIMATE** NIGEL MARSH and HENRIK SVENSMARK *Danish Space Research Institute, Juliane Maries Vej 30, DK-2100 Copenhagen Ø, Denmark. 2000*
8. Relationship of Lower Troposphere Cloud Cover and Cosmic Rays: An Updated Perspective Ernest M. Agee¹, Kandace Kiefer and Emily Cornett *Journal of Climate* 21 March 2011
9. Cosmic rays, cloud condensation nuclei and clouds – a reassessment using MODIS data J. E. Kristjansson¹, C.W. Stjern¹, F. Stordal¹, A. M. Fjæraa², G. Myhre³, and K. Jónasson⁴ *Atmos. Chem. Phys.* 2008
10. დედამიწის ღერძის პრეცესია, მზის აქტივობა და კლიმატის ცვლილება. მ.ტატიშვილი, ნ.ბოლაშვილი, ი.მკურნალოძე. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები. 4(84). 2013.
11. Advancing the understanding of the Sun–Earth interaction—the Climate and Weather of the Sun–Earth System (CAWSES) II program. Toshitaka Tsuda, Marianna Shepherd and Nat Gopalswamy. *Progress in Earth and Planetary Science* (2015) 2:28 DOI 10.1186/s40645-015-0059-0.
12. SOLAR PHYSICS AND TERRESTRIAL EFFECTS. Space Environment Center. 2012 .
11. www.spaceweather.gov
12. . Electrodynamical Coupling of Earth’s Atmosphere and Ionosphere: An Overview A. K. Singh,¹ Devendraa Siingh,² R. P. Singh,³ and SandhyaMishra¹ *Hindawi Publishing Corporation International Journal of Geophysics Volume 2011*
13. . SOLAR PHYSICS AND TERRESTRIAL EFFECTS. Space Environment Center. 2012
14. . Lightningmaps.org. Blitzortung.org
- 1 5. <http://SunSpotWatch.com>
16. . The World Magnetic Model. Chulliat, A., S. Macmillan, P. Alken, C. Beggan, M. Nair, B. Hamilton, A. Woods, V. Ridley, S. Maus and A. Thomson, 2015,
- 17.. The US/UK World Magnetic Model for 2015-2020: Technical Report, National Geophysical Data Center, NOAA National Centers for Environmental Information. NOAA. 2017
18. The proposed connection between clouds and cosmic rays: cloud behavior during the past 50–120 years E. Pall,^e C.J. Butler *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 64 (2002) 327–337 www.elsevier.com/locate/jastp
19. Solar activity, cosmic rays, clouds and climate – an update J.E. Kristjansson a,^{*}, J. Kristiansen a, E. Kaas *Advances in Space Research* 34 (2004) 407–415
20. GALACTIC COSMIC RAYS – CLOUDS EFFECT AND BIFURCATION MODEL OF THE EARTH GLOBAL CLIMATE. PART 1. THEORY ¹Vitaliy D. Rusov a,b,c, Alexandr V. Glushkov d, Vladimir N. Vaschenko c, Elena P. Linnik a, Strachimir Cht. Mavrodiiev e, Boyko I. Vachev *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* Vol. 72 (2010) p. 398-408
21. CONTRIBUTION OF CHANGING GALACTIC COSMIC RAY FLUX TO GLOBAL WARMING GALACTIC COSMIC RAYS, LOW CLOUDS AND GLOBAL WARMING: A COMMENTARY U.R. Rao. 2011
22. Paleomagnetism: Chapter 1 INTRODUCTION TO GEOMAGNETISM
23. Are there connections between the Earth's magnetic field and climate? Vincent Courtillot a,[□], Yves Gallet a, Jean-Louis Le Mouél a, Frédéric Fluteau a, Agnès Genevey

24. Using global magnetospheric models for simulation and interpretation of

Swarm external field measurements T. Moretto^{1*}, S. Vennerstrøm², N. Olsen², L. Rastätter¹, and J. Raeder³ *Earth Planets Space*, **58**, 439–449, 2006

25. The US/UK World Magnetic Model for 2015-2020 Chulliat, A., S. Macmillan, P. Alken, C. Beggan, M. Nair, B. Hamilton, A. Woods, V. Ridley, S. Maus and A. Thomson, 2015, *The US/UK World Magnetic Model for 2015-2020: Technical Report*, National Geophysical Data Center, NOAA

ინტერნეტის ღია წყაროები

13. <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/>

14. [GLCF: Earth Science Data Interface](#)

15. [GLCF: Global Inventory Modeling and Mapping Studies](#)

16. [GLCF: Earth Science Data Interface](#)

17. [WSA-ENLIL Solar Wind Prediction | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center](#)

18. [NOAA Space Weather Scales | NOAA / NWS Space Weather Prediction Center](#)

19. [Magnetic Declination, Models, Data and Services | ngdc.noaa.gov](#)

20. [SpaceWeather.com -- News and information about meteor showers, solar flares, auroras, and near-Earth asteroids](#)

21. [Earth's Inconstant Magnetic Field - NASA Science](#)

22. [World Magnetic Model - Home Page | NCEI](#)

23. [NASA's Eyes: Eyes on the Earth](#)

24. [Geomagnetism](#)