****

**VYTAUTO DIDŽIOJO UNIVERSITETAS**

**GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS**

**APLINKOTYROS KATEDRA**

**Agnė Raulonytė**

**Heliofizikinių sąlygų ir skubios hospitalizacijos dėl ūmių koronarinių sindromų ryšys skirtingose Saulės aktyvumo fazėse**

Magistrantūros baigiamasis darbas

Aplinkosaugos studijų programa, valstybinis kodas 621F7002

**Aplinkosaugos organizavimo studijų kryptis**

Vadovė: prof. dr. Jonė Venclovienė \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Parašas) (Data)

Apginta: prof. habil. dr. A Paulauskas \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(Parašas) (Data)

Kaunas, 2013

TURINYS

SUTRUMPINIMAI 3

SANTRAUKA 4

SUMMARY 5

ĮVADAS 6

1. LITERATŪROS ANALIZĖ 8

1.1 Saulėje vykstantys procesai8

1.2 Saulės vėjas 9

1.3 Saulės žybsniai 10

1.3.1 Saulės žybsnių klasifikacija 12

1.4 Karūnos masės išmetimai13

1.5 Saulės protonų lietūs 15

1.6 NOAA geostacionariniai ir poliariniai palydovai 16

1.6.1 Geostacionariniai operatyvūs aplinkos palydovai (GOES) 17

1.7 Saulės audros 19

1.8 Saulės aktyvumas 22

1.9 Saulės reiškinių poveikis žmonių sveikatai 24

1.10 Ūmūs koronariniai sindromai 27

1.11 Omni 2 duomenų paketas 30

1. darbo tikslas, uždaviniai ir objektas 32
2. metodika 33
3. rezultatų analizė ir aptarimas 35

4.1 Heliofizikinių rodiklių charakteristikos35

4.2 Ūmių koronarinių sindromų (MI ir NKA) dažnių charakteristikos 39

4.3 Heliofizikinių rodiklių ir ūmių koronarinių sindromų (MI ir NKA) ryšys 43

4.4 Kompleksinis heliofizikinių veiksnių poveikis stacionarizacijai dėl ŪKS 51

išvados 53

literatūra54

padėka 61

**SUTRUMPINIMAI**

GMA – geomagnetinis aktyvumas;

GA – geomagnetinė audra;

GL – geomagnetinis laukas;

PS – protonų srautai;

PL – protonų lietūs;

SA – Saulės aktyvumas;

KMI – Karūnos masės išmetimai;

TKMI – tarpplanetiniai Karūnos masės išmetimai;

ŪKS – ūmus koronarinis sindromas;

NKA – nestabili krūtinės angina;

MI – miokardo infarktas;

LSMU – Lietuvos sveikatos mokslų universitetas;

TLK – tarptautinė ligų klasifikacija;

NGDC – nacionalinis geofizikos duomenų centras;

SR – santykinė rizika;

PI – pasikliautinieji intervalai;

Kp, Ap – planetos geomagnetinis indeksai;

**GPS – padėties nustatymo sistemos;**

SDO – Saulės dinaminė observatorija.

NASA – angl. *National Aeronautics and Space Administration*;

IMP – angl. *Interplanetary Monitoring Platform*;

GOES – angl. *Geostationary Operational Environmental Satellites*;

GCRs – angl. *Galactic Cosmic Rays*;

NESDIS – angl. [National Environmental Satellite, Data, and Information Service](http://www.google.lt/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.nesdis.noaa.gov%2F&ei=9oPjTcLwO8ur-gaX9OG3Bg&usg=AFQjCNFOGxIiwL5R1Gr9InuRkLSObiP_7A);

NOAA – angl. [National Oceanic and Atmospheric Administration](http://www.google.lt/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.noaa.gov%2F&ei=hoPjTaWENMro-gbgxejcBg&usg=AFQjCNHhu20zk4L6PnTELeuAaR7d1chRFw);

NSSDC – angl. *National Space Science Data Center;*

ASCII – angl. American Standard Code for Information Interchange;

SWPC – angl. *Space Weather Prediction Center.*

**SANTRAUKA**

Darbo tikslas – įvertinti X klasės saulės žybsnių, geomagnetinio aktyvumo (GMA) bei saulės protonų lietaus (PL) poveikį stacionarizavimo dėl ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) rizikai skirtingose Saulės aktyvumo fazėse.

Tyrimas atliktas Kauno mieste 2004-2012 metų laikotarpiu, šiuo periodu nustatyti 13 972 stacionarizacijos dėl ŪKS atvejai. Analizei naudoti paros heliofizikinių rodiklių bei hospitalizavimo dėl ūmių koronarinių sindromų – miokardo infarkto ir nestabiliosios krūtinės anginos – Kauno Klinikinėje ligoninėje laiko sekos. Kintamųjų palyginimui populiacijose naudotas Stjudento bei χ2 kriterijus, lentelėse pateikiama kriterijaus p reikšmė. Analizei naudota daugiaveiksnė Puasono regresija, standartizuojant pagal sezoniškumą bei fiktyvų savaitės dienos kintamąjį (savaitgalis ar švenčių diena). X klasės Saulės žybsnių, GMA, protonų lietaus bei protonų srautai PS įtaka vertinta standartizuota santykinė rizika (SR), referentinė kategorija binarinio kintamojo atveju „įvykio nėra“. SR patikimumui pateikti su 95% pasikliautinieji intervalai (95% PI) ir p reikšmė. Kadangi nepalankūs heliofizikiniai veiksniai gali sukelti sveikatos pablogėjimą ne tik įvykio metu, bet ir tolesnėmis dienomis, todėl buvo tiriama jų įtaka ir 1-3 paras po įvykio. Analizė atlikta atskirai Saulės aktyvumo (SA) mažėjimo (2004-2006 m.) bei Saulės aktyvumo kilimo (2010-2012 m.) laikotarpiu. Darbe vertinta ir kompleksinė heliofizikinės aplinkos įtaka ŪKS.

Saulės aktyvumo mažėjimo laikotarpiu, analizuojant atskirų heliofizikinių rodiklių įtaką, stacionarizavimo dėl ŪKS rizika 19 proc. padidėja antrą parą po X klasės Saulės žybsnio, 26 proc. - antrą parą po PL. Saulės aktyvumo kilimo laikotarpiu - ŪKS rizika padidėja 26 proc. trečią parą po X klasės Saulės žybsnio, 23 proc. - trečią parą po protonų lietaus dienų, 19 proc. - antrą parą po audringo geomagnetinio lauko (GL), parą po aktyvaus-audringo GL – 12 proc. Analizuojant kompleksinį heliofizikinių veiksnių poveikį nustatyta, kad SA mažėjimo laikotarpiu, 2 paras prieš GA stacionarizavimo dėl ŪKS, rizika padidėja 15%, tuo tarpu Saulės aktyvumo kilimo laikotarpiu, 1-2 paros laikotarpiu prieš GA atsiradimą, rizika mažesnė už 1, nepriklausomai nuo GA atsiradimo priežasties. 2 paras po GA ŪKS rizika padidėja 17%; rizikos reikšmingas padidėjimas stebėtas nepriklausomai nuo GA sukėlusios priežasties. Šiuo laikotarpiu X klasės žybsnis ar PS, nesukėlę GA, didina stacionarizavimo dėl ŪKS riziką 1,17 karto, tuo tarpu SA mažėjimo laikotarpiu šie įvykiai rizikos padidėjimo nesukėlė. Gauti rezultatai leidžia daryti išvadą, kad heliofizikinės aplinkos poveikis žmogui nėra vienodas skirtingose Saulės aktyvumo fazėse.

**SUMMARY**

The objective of the study was to analyze the associations between X class solar flares (SF), solar proton events (SPE), and geomagnetic activity (GMA) and the risk of emergency hospital admission for acute coronary syndromes (ACS) separately during Solar activity (SA) descending (2004-2006) and ascending (2010-2012) phase.

The study was conducted in Kaunas city, during 2004-2012 periods. The data of 13,972 patients, who were hospitalized for acute coronary syndrome – myocardial infarction and unstable angina – at Hospital of Lithuanian University of Health Sciences, were used. In populations to compare variables were used Student and χ2 criteria and p-value in tables. We evaluated the associations between daily SF, SPE, GMA and daily number of emergency hospital admissions for ACS by Poisson regression, controlling for seasonal variation and weekdays. The reference category in Binary variable case, the “no event”. For assessment the impact of heliophysical factors variables we presented the relative risk in daily hospital admissions with 95% confidence interval and p-value of coefficients in Poisson regression. Heliophysical factors can cause aggravation, not during the event, but also on futher days, therefore was investigated the influence 1-3 days after the event. In work the complex of impacts in heliophysical factors for ACS, were also evaluated.

Analyzing the separate impact of heliophysical indicators, during Solar descending phase, the risk for ACS on the second day after X class SF was higher in 19%; on the second day after SPE was higher in 26%. During Solar ascending phase, the risk for ACS on the third day after X class SF second day was higher in 26%; the third day after SPE was higher in 23%; the risk for ACS on the second after a stormy geomagnetic field was higher in 19%; one day after active-stormy geomagnetic field was higher in 12%. Analyzing the complex of heliophysical indicators, during Solar descending phase, the risk for ACS 2 days before onset of geomagnetic storm (GS), it increases in 15%, compare to days without Solar events. During Solar ascending phase, the risk for ACS 2 days after GS, it increases in 17%, compare to days without Solar events. During this period the X-class flares or Solar proton fluxes, which did not provoke GA, increase the risk of hospitalization for ACS in 1,17 times, while during Solar descending phase these events did not increase the risk. These findings suggest that the effect of space weather conditions may be different during separate SA phases.

**ĮVADAS**

Pastaraisiais metais vis dažniau diskutuojama apie Saulėje vykstančius procesus ir jų įtaka Žemei. Terminu „Saulės aktyvumas“ įvardijami visi Saulėje vykstantys procesai, sietini su energijos atsiradimu bei atidavimu. Tai Saulės žybsniai, Saulės vainiko išmetos bei Saulės vėjo šuorai, sklindantys iš vainiko skylių (Gonzalez ir kt., 2006). Saulės žybsnis yra staigus, trumpalaikis ir intensyvus energijos atpalaidavimas. Jo metu į kosminę erdvę išsiveržia daugybė įelektrintų dalelių. Galingiausi yra X klasės žybsniai, jų metų išspinduliuojami Rengeno spinduliai (Van Zele, Meza, 2011). Vainiko masės išmetos – tai plazma, sudaryta daugiausiai iš elektronų ir protonų (su nedidele sunkesnių elementų priemaiša), išsiveržusi iš Saulės vainiko. Saulės dėmėse atsiranda galingos magnetinio lauko anomalijos – vainiko skylės, kurių dėka elektringosios dalelės (elektronai, protonai ir helio branduoliai) - Saulės vėjo šuorai - išsiveržia iš Saulės magnetinio lauko. Aktyvūs reiškiniai Saulėje kartojasi 11 metų ciklu, kuris pasireiškia Saulės aktyvumo padidėjimu ir sumažėjimu. Pastaraisiais dešimtmečiais visame pasaulyje gausiai atliekami tyrimai, skirti nustatyti Saulės geomagnetinio aktyvumo, protonų lietaus, kosminės spinduliuotės bei kitos kosminės aplinkos (space weather) poveikį žmogaus sveikatai. Šiuo metu minėta tema ypač aktuali, kadangi Saulės aktyvumas artėja prie maksimumo, numatomo 2013-2014 metais.

Daugelis tyrėjų konstatuoja, kad procesai, vykstantys Saulėje ir Žemės jonosferoje bei magnetosferoje, turi įtakos žmogaus sveikatai, ypač širdies-kraujagyslių bei centrinei nervų sistemai (Palmer ir kt., 2006). Nustatytas miokardo infarkto (MI) padažnėjimas geomagnetinių bei kitų Saulės audrų metu (Dorman ir kt., 2008), dozė-atsakas ryšys tarp geomagnetinio aktyvumo (GMA) ir melatonino koncentracijos sumažėjimo (Burch ir kt., 1999; Weydahl ir kt., 2001) bei geomagnetinių audrų (GA) neigiamas poveikis širdies ritmo variabilumui, arteriniams kraujospūdžiui, kraujo krešėjimo rodikliams (Ghione ir kt., 1998; Stoupel, 1999). Tačiau heliofizikinės aplinkos poveikis žmogaus sveikatai nėra pilnai ištirtas. Pvz., GA poveikis priklauso taip pat ir nuo jas sąlygojančio mechanizmo – Saulės vainiko išmetų ar staigių Saulės vėjo šuorų iš vainiko skylių (Borovsky, Denton, 2006; Dimitrova ir kt., 2009) bei nuo GA fazės (Katsavias ir kt., 2013), be to, konstatuotas biologinis atsakas 1-3 dienas prieš GA (Gurfinkel ir kt., 1995; Stoupel, 1999; Dimitrova ir kt., 2009). Nustatyta, kad padidėjusio GMA poveikis nėra identiškas Saulės aktyvumo didėjimo ir mažėjimo laikotarpiu (Watanabe ir kt., 2001). Aktyviai diskutuojama dėl fiziologinio mechanizmo, paaiškinančio Saulės ir geomagnetinių audrų poveikį žmogui (Cherry, 2002; Palmer ir kt., 2006; Breus ir kt., 2012).

Šio tyrimo tikslas – nustatyti sąsajas tarp heliofizikinės aplinkos – X klasės Saulės žybsnių, protonų lietaus bei GMA ir stacionarizavimo dėl ūmių koronarinių sindromų (MI ir nestabiliosios krūtinės anginos) atskirai Saulės aktyvumo didėjimo ir mažėjimo laikotarpiu.

1. **LITERATŪROS ANALIZĖ**
   1. **Saulėje vykstantys procesai**

Saulė - galingiausias energijos šaltinis visoje mūsų Saulės sistemoje. Visų pirma, ji energiją išskiria elektromagnetinės spinduliuotės forma, taip pat iš Saulės fotosferos be perstojo išsiskiria įvairios magnetinės struktūros trumpalaikiai procesai, tokie kaip: mikro žybsniai, smūginės bangos, protuberantų išsiveržimai, žybsniai ir karūnos masės išmetimai (KMI). Šie procesai gali sukelti trumpalaikius UV, rentgeno, gama ir radijo bangų spinduliuočių padidėjimus.

Be spinduliuotės, Saulė taip pat skleidžia ir materijos srautą, kuris yra vadinamas Saulės vėju. Saulės vėjas – tai elektringųjų dalelių plazmos srautas, sklindantis nuo Saulės (Van Zele, Meza, 2011). Žemės magnetinis laukas atstumia dideliu greičiu judančias elektringąsias daleles. Todėl didžioji Saulės vėjo dalis, susidūrusi su Žemės magnetiniu lauku, pastarąjį deformuoja, tačiau neprasiskverbia Žemės link. Šis srautas, spausdamas Saulės pusėn nukreiptą magnetosferos dalį, apteka mūsų planetą ir sklinda tolyn į kosmosą (http://www.hkk.gf.vu.lt ).

Saulės žybsnis yra staigus, trumpalaikis ir intensyvus energijos atsipalaidavimas, tai padidėjusio intensyvumo spinduliuotės išsiskyrimo rezultatas. Jo metu į kosmosą yra išspjaunama daugybė įelektrintų dalelių (Van Zele, Meza, 2011). **Saulės žybsniai yra palyginti mažo masto sprogimai, dėl kurių pasklinda spinduliuotė. Jie padidina radijo bangų sugertį vadinamajame Žemės jonosferos D sluoksnyje, tai trukdo visuotinės padėties nustatymo sistemų (GPS) signalams, kliudo priimti trumpąsias radijo bangas. Žybsniai taip pat kaitina viršutinius atmosferos sluoksnius, juos išpučia ir taip pristabdo palydovų judėjimą (**[http://www.technologijos.lt](http://www.technologijos.lt/n/spauda/sciam/straipsnis?name=straipsnis-4855)**).** Pagal stiprumą yra skiriamos 5 žybsnių klasės: A, B, C, M ir X. Patys galingiausi yra X klasės sprogimai. Tačiau astronomams tokios gradacijos tikslumo nepakanka, todėl dar išskiriami ir žybsnių poklasiai - nuo 1 iki 9 (Van Zele, Meza, 2011).

Karūnos masės išmetimai (KMI) - tai plazmos išsiveržimai iš Saulės vainiko. Didelių KMI metu gali būti išspinduliuota milijardai tonų materijos, kurios greitis gali siekti kelis milijonus mylių per valandą (<http://pwg.gsfc.nasa.gov/istp/nicky/cme-chase.html>). Išmetimų metu išmetama plazma daugiausia sudaryta iš elektronų ir protonų (su nedidele sunkesnių elementų priemaiša), kurią lydi vainiko magnetinis laukas. Dauguma karūnos masės išmetimų kyla aktyviose srityse (šalia Saulės dėmių grupių), kuriose magnetinio lauko linijos uždaros, o magnetinio lauko jėga pakankama išmetimų sukėlimui. Tačiau jie gali kilti ir santykinai ramiose srityse. (<http://www.nso.lt>).

* 1. **Saulės vėjas**

Saulės vėjas - elektringųjų dalelių ([protonų](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Protonai), [elektronų](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Elektronai), [helionų](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Helionas)) [plazmos](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Plazma) [srautas](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Srautas), sklindantis nuo [Saulės](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Saul%C4%97). Susidaro [Saulės vainike](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Saul%C4%97s_vainikas) ir [chromosferiniuose](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Chromosfera) žybs­niuose. Prie [Žemės](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/%C5%BDem%C4%97) [orbitos](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Orbita) Saulės [vėjo](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/V%C4%97jai) greitis lygus 400–2000 km/s. Dėl vėjo Saulė netenka ~10–14 savo [masės](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Mas%C4%97) per metus. Saulės žybsniai ir kiti didesnio aktyvumo reiškiniai padidina jos vėjo tankumą ir greitį (Ažusienis ir kt., 1977). Saulės vėjo sąveika su Žemės magnetiniu lauku ir [atmosfera](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Atmosfera) sukelia [polines](http://astronomija.lt/enciklopedija/index.php/Polius) pašvaistes.

Beje, Saulės vėjas atrastas tik 1960 m., paleidus pirmuosius kosminius aparatus. Saulės vėjas kyla aktyviose Saulės fotosferos srityse, kur sukuriami nepaprastai stiprūs magnetiniai laukai. Vizualiai šios sritys stebimos kaip Saulės dėmės. Jų paviršiaus temperatūra yra bemaž 1000 K žemesnė nei likusioje fotosferoje (čia vidutinė temperatūra yra apie 5800 K), todėl Saulės dėmės mums atrodo tamsios. Būtent Saulės dėmėse atsiranda galingos magnetinio lauko anomalijos, kurių dėka elektringosios dalelės (elektronai, protonai ir helio branduoliai, dar vadinami alfa dalelėmis) išsiveržia iš Saulės magnetinio lauko ir pasiekia net tolimiausius Saulės sistemos kampelius. Taigi Saulės vėjas yra ne kas kita, kaip elektringųjų dalelių srautas (Dubietis, Balčiūnas, 2006). Dabar yra žinoma, kad Saulės vėjas susideda iš dviejų komponentų. Pirmasis – tai tolygus greitų, bet retų dalelių fonas, antrasis – permainingi šuorai, ypač padažnėjantys aktyvios Saulės metais. (Kalindra, 2000).

Saulės vėjas „pučia“ nuolat, o jo stiprumas priklauso nuo Saulės aktyvumo (1.1 pav.) Esant dideliam Saulės aktyvumui, Saulės žybsnių ar vainiko medžiagos pliūpsnių metu per trumpą laiką į kosminę erdvę yra išmetami milžiniški elektrintųjų dalelių kiekiai. Taip kyla Saulės vėjo „gūsiai“. Bendra išmestų dalelių masė gali siekti iki milijardo tonų, o energija – net iki 1025 J. Tokį energijos kiekį visi Žemės branduoliniai reaktoriai kartu pagamintų tik per milijoną metų.

Pastovus Saulės vėjas „pučia“ maždaug 400 km/s greičiu, tačiau jo greitis „gūsių“ metu padidėja iki 1000 km/s. Toks Saulės vėjo „gūsis“ Žemę pasiekia po keleto dienų. Dėl geležinio branduolio Žemė turi savo stiprų magnetinį lauką, kuris kaip skydas saugo mus nuo tiesioginio pragaištingų Saulės vėjo dalelių poveikio. Žemės magnetinis laukas nukreipia elektringąsias Saulės vėjo daleles išilgai savo linijų, tolyn nuo Žemės. Elektronai, įgreitinti Žemės magnetinio lauko ir skverbdamiesi į atmosferą, daug kartų susiduria su atmosferos atomais ir molekulėmis, kol pagaliau praranda visą savo energiją. Dėl šių susidūrimų viršutinių atmosferos sluoksnių atomai ir molekulės yra sužadinami, o grįždami į savo pradinę būseną išspinduliuoja šviesos kvantus – fotonus, kuriuos ir matome kaip švytėjimą. Autorių stebėjimų duomenimis, dažniausiai šiaurės pašvaistės švyti pavasarį (kovo mėn.) ir rudenį (spalio mėn.), o jų matomumo trukmė yra labai įvairi – nuo keliolikos minučių iki keleto valandų ([Dubietis, Balčiūnas, 2006)](http://www.astronas.asmeninis.com/siaures_pasv/MGn9p26(2006).pdf)).

****

**1.1 pav.** Saulės vėjas formuoja Žemės magnetosferą ir prie jos artėja magnetinė audra.(<http://www.astronas.asmeninis.com>)

* 1. **Saulės žybsniai**

Saulės žybsniai - milžiniški saulės sprogimai, kurie į kosmosą išsiunčia greitąsias daleles bei energiją. Šie žybsniai yra dažnai siejami su saulės magnetinėmis audromis, mokslininkai juos vadina karūnos masės išmetimais. Šis dažniausiai pasitaikantis reiškinys nėra vienintelis, Saulė taip pat gali skleisti labai intensyves protonų sroves – energetines Saulės daleles - ir sukelti Saulės vėjus. Visi šie veiksniai gali sukelti audras žemėje, kurios (jeigu yra pakankamo stiprumo) gali sutrikdyti trumpųjų radijo bangų komunikacijas, GPS signalus ir netgi elektrinių veiklą ([http://www.mokslon.lt](http://www.mokslon.lt/saules-zybsniu-issiverzimu-klasifikacija)).

Paprastai žybsnis trunka nuo 5 iki 10 minučių ir energijos išskiria sulig milijonu vandenilinių bombų. Didžiausias žybsnis tęsiasi iki kelių valandų ir jo energijos užtektų aprūpinti elektros energija visas Jungtines Amerikos valstijas 100 000 metų.

Žybsniai dažnai stebimi infraraudonųjų spindulių pagalba, tačiau matomas spinduliavimas yra tik dalelė to, kas vyksta Saulės pliūpsnio metu. Sprogimo metu materija įkaista iki 107 K. Tokioje temperatūroje išmetamas didelis kiekis Rentgeno spindulių ir labai trumpų ultravioleto bangų. Kartu išmetamos elektringosios dalelės, pagrinde protonai ir elektronai, kurie išlekia į Saulės sistemą 500 -1000 km/s greičiu (<http://wiki.svs.lt>). Saulė žybsniai, kaip ir daugelis Saulės įvykių, yra stebimi GOES (angl. *Geostationary Operational Environmental Satellites*) palydovų pagalba. Geostacionariniai operatyvūs aplinkos palydovai (GOES) aprūpina nuolatinio pobūdžio stebėsena, būtina intensyviai duomenų analizei atlikti (<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>).

Pats akivaizdžiausias žybsnių poveikis Žemei – tai šiaurės ir pietų pašvaistės. Žemės poliarinė pašvaistė susidaro Saulės vėjo atneštoms dalelėms susidūrus su Žemės atmosfera (daugiausia – deguonimi ir azotu). Jonosferoje kilusi magnetinė audra sukelia švytėjimą. Nakties danguje pasirodo žydri, geltoni, žali, violetiniai spinduliai, lankai, marškos (<http://darkness.lt/pasauleziura/idomiausi-gamtos-reiskiniai-t4175.html>). 1989 m. milžiniško žybsnio, kuris įvyko Saulės aktyvumo maksimumo metu, padariniai buvo matomi net Arizonoje – tai buvo ryški pašvaistė. Paprastai pašvaistė pasirodo Žemės poliuose, nes įkrautos dalelės linkusios patekti į atmosferą per magnetinius laukus ir prasiskverbia į žemiausią aukštį per polius. Tik kartais pašvaistės pasirodo JAV pietuose. Įkrautos dalelės sąveikauja su žemės magnetiniu lauku ir jį keičia. Žemės magnetinio lauko pasikeitimai priverčia keisti elektros srovę. Labiausiai tai veikia ilgus elektros laidus. Saulės žybsniai gali sukelti net ir gaisrą elektrinėse. Kaip tik dėl šios priežasties 1989 metų vasarį dalis Montrealo ir Quebeco provincijų liko be elektros energijos. Žmonės mato kartais ir dar keistesnius įvykius: automatinės garažų durys atsidaro be priežasties ar sutrinka telefono linija.

Padidėjęs ultravioletinių ir Rentgeno spindulių kiekis gali pakenkti atmosferai (ypatingai jonosferos sluoksniui). Radijo bangų ir trumpųjų radijo bangų perdavimas gali būti nutrauktas. Tais pačiais 1989 metais radijo ryšio nebuvo 24 valandas.

Trumposios radiacijos bangos, išsiskyrusios žybsnio metu, įkaitina išorinę atmosferos dalį. 1981 m. labai didelis blyksnis buvo pastebėtas “Columbia” skrydžio metu. Astronautai, skrydžio metu atlikę bandymus, nustatė, kad žybsnis, kuris vyko 3 valandas, įkaitino žemės atmosferą 260 metrų aukštyje iki 2200 K, kai tuo tarpu normaliai temperatūra būna 1200 K. To padariniai labai įvairūs. Įkaitus atmosferai, ji išsiplečia ir pasiekia skriejančius palydovus, kurie dėl padidėjusios trinties priartėja prie žemės, nusileidžia į žemesnį aukštį. Didelius nuostolius teko patirti 1989 metais, kai dėl atmosferos plėtimosi iš 19 000 objektų, skriejančių aplink Žemę, neteko 11 000. Per tokius žybsnius ir atmosferos plėtimąsi netenkama daug palydovų, kurie dėl šios priežasties nusileidžia į žemesnį aukštį, kur sunaikinami dėl trinties į atmosferą.

Saulės aktyvumas yra kritinis faktorius skaičiuojant palydovų ir kitų skraidančių objektų tarnavimo laiką. Žybsniai taip pat gali pakenkti astronautams, jei jie tuo metu keliautų į Marsą. Akivaizdu, kad būtų naudinga nustatyti, kada Saulė pasieks savo aktyvumo maksimumą ir kada įvyks žybsnis. Astronomai skiria labai daug dėmesio tam, tačiau, kaip bebūtų, jiems nepavyksta tiksliai nustatyti, kada žybsnis įvyks.

Saulės dėmės, žybsniai ir šviesūs rajonai Saulės chromosferoje ir vainike pasirodo kartu. Visų jų ilguma ir platuma sutampa, tačiau jų aukščiai Saulės atmosferoje skirtingi. 1989 m. vasarą blyksnis pasirodė toje vietoje, kur buvo didelė grupė Saulės dėmių. Tokios nepaprastos vietos Saulėje vadinamos aktyviais rajonais. Kol nežinoma, dėl ko susiformuoja tokie rajonai, nežinoma, ar būtent tai sukelia stiprų magnetinį lauką. Saulės dėmių maksimumo metu protuberantai, blyksniai ir stiprūs magnetiniai laukai pasirodo dažniau, jų pasirodymas yra pusiau reguliarus ciklas - 22 metai. Saulės ciklas labai glaudžiai susijęs su magnetizmu Saulėje. Ir tik besikeičiantis Saulės magnetinis laukas apsaugo nuo daugelio kitų Saulės galimų veiksnių. Nors astronomai turi nemažai žinių apie Saulės magnetinį lauką, vis dar lieka daug nežinomybės (<http://wiki.svs.lt>).

* + 1. **Saulės žybsnių klasifikacija**

Nacionalinė vandenynų ir atmosferos administracija (angl. National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA) sudarė žybsnių ir įvairių audrų kategorijas. Stipriausi žybsniai yra vadinami „X - klasės žybsniais“, o silpniausi – „A - klasės“, toliau pagal stiprumą yra klasifikuojami B, C ir M žybsniai. Ši sistema yra panaši į Richterio žemės drebėjimų skalę, kiekviena klasifikacijos raidė išreiškia 10 kartų padidėjusią energijos išeigą. Taigi, X yra 10 kartų daugiau už M ir 100 kartų daugiau už C. Tarp dviejų raidinių dydžių yra dar viena, mažesnė skalė, kuri varijuoja nuo 1 iki 9.

C klasės ir mažesni žybsniai yra per silpni, kad padarytų įtaka Žemei. M klasės žybsniai Žemės ašigaliuose gali sukelti trumpalaikius radijo ryšio trukdžius bei sukelti mažas radiacijos audras, kurios gali pakenkti astronautams. X klasė skalėje yra paskutinė, tačiau egzistuoja žybsniai 10 kartų stipresni už X1, todėl akivaizdu, jog ši klasė gali viršyti anksčiau minėtą 9 skaitmenų skalę. 2003 metais, naudojantis modernia technika, paskutinio Saulės aktyvumo piko metu, mokslininkai užfiksavo iki šiol galingiausius žybsnius. Jie buvo tokie stiprūs, kad perkrovė matavimo technikos sensorius. Sensoriai sugedo ties X15 rodikliu, tačiau spėjama, kad žybsniai galėjo siekti X28 lygį. Stipriausi X klasės žybsniai yra didžiausi Saulės sistemos sprogimai ir yra malonūs akiai. Dešimt kartų už Žemę didesnės kilpos atitrūksta nuo Saulės paviršiaus, kai Saulės magnetiniai laukai susikryžiuoja ir vėl susijungia. Šio įvykio metu susijungimo procesas gali generuoti energiją atitinkančią milijardui vandenilio bombų.

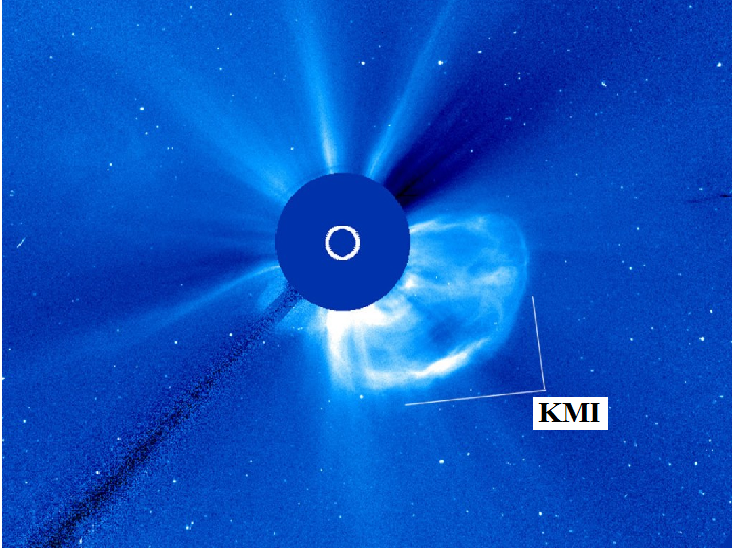
Saulei artėjant link sekančio aktyvumo piko, ji kaista, o mokslininkai pastebi aktyvumo padidėjimą. Pirmieji dabartinio saulės ciklo X klasės žybsniai išsiveržė 2011 metų vasario 15 dieną. 2012 metų sausio 23 dieną Saulės skleidė M 8.7 žybsnius, kurie kartu su vainiko masės išvaržomis ir energetinėmis Saulės dalelėmis sukėlė (nuo 2005 metų) vieną stipriausių radiacinių audrų. Jeigu šie žybsniai būtų nukreipti tiesiai į Žemę ir jie sutaptų su kitais Saulės aktyvumo procesais, tai galėtų sukelti tokią radiacinę audrą, kuri pažeistų palydovus, komunikacines sistemas ir netgi Žemėje esančias technologijas bei elektrines.

NASA ir NOAA kartu su Jungtinių Valstijų oro pajėgų agentūra nuolatos stebi Saulės aktyvumą. Jeigu atsakingos institucijos laiku sureaguoja, dauguma palydovų, erdvėlaivių ir kitų technologijų gali būti apsaugoti nuo blogų Saulės padarinių (<http://www.mokslon.lt>).

* 1. **Karūnos masės išmetimai**

Karūnos masės išmetimai (KMI) (angl. *Coronal mass ejections - CMEs*) yra trumpalaikiai Saulėje vykstantys reiškiniai, pasireiškiantys kaip Saulės plazmos pliūsnis, Saulės aktyvumo metu išmetamas į heliosferą. Jie priskiriami prie stipriausių ir įspūdingiausių Saulės sistemoje vykstančių reiškinių. Šių dramatiškų išsiveržimų metu milžiniški saulės medžiagų kiekiai per kelias valandas išmetami į tarpplanetinę erdvę. Tipiškų KMI greitis yra 400-500 km s-1 intervale, tačiau jie gali siekti 2000 km s-1 ir net didesnius. KMI skaičius priklauso nuo Saulės ciklo, Saulės minimumo metu įvyksta vidutiniškai mažiau nei vienas atvejis, o Saulės maksimumo metu daugiau kaip 5 išmetimai per dieną (Jacobs, Poedts, 2011).

Karūnos masės išmetimai yra labai blankūs, lyginant juos su Saulės ryškumu, todėl jie tradiciškai turėtų būti matuojami naudojant baltos šviesos koronagrafus, kurie aptinka blankumą aplink Saulės vainiką (1.2 pav.) (Howard, 2011). Karūnos masės išmetimai buvo matuojami iš kosmoso nuo 1970-ųjų pradžios su OSO-7 ir Skailabu (Lugaz, Roussev, 2011).



**1.2 pav.** Karūnos masės išmetimas, užfiksuotas baltos šviesos koronagrafu. **(**http://astrobob.areavoices.com)

Karūnos masės išmetimai kartais yra susiję su trumplaikiais periodais, energijos pliūpsniais, vadinamaisiais Saulės žybsniais. Šie žybsniai dažniausiai pasireiškia aktyviuose regionuose Saulės didžiausio aktyvumo periodu. Pliūpsnio gyvavimo trukmė svyruoja nuo kelių valandų didelių laipsniškų reiškinių, iki dešimčių sekundžių daugiausiai impulsinių įvykių. Labai stipraus žybsnio metu Saulės ultravioletinės ir rentgeno emisijos gali padidėti daugiau kaip 100 kartų virš įprasto aktyvaus regiono lygio. Esant Saulės maksimaliam aktyvumui, maždaug vienas toks žybsnis yra fiksuojamas kiekvieną savaitę. Pliūpsnio metu Saulės dujos įkaista iki kelių dešimčių milijonų laipsnių. Tuomet įkaitintos dujos išspinduliuojamos per elektromagnetinį spektrą nuo radijo iki gama spindulių. Didžiausi sprogimai yra tokie ryškūs, kad juos galima pamatyti iš Žemės (<http://pwg.gsfc.nasa.gov/istp/nicky/cme-chase.html>).

Karūnos masės išmetimų (KMI) apraiškos tarplanetinėje erdvėje yra vadinamos tarpplanetiniais Karūnos masės išmetimais (TKMI) (angl. *interplanetary coronal mass ejections - ICMEs*), išmetomis, debesimis ar plazmos debesimis. Jie atpažįstami kosminių erdvėlaivių pagalba jų susidarymo vietoje pagal plazmos ir magnetinio lauko duomenis, ir dauguma jų gali būti aiškiai asocijuotis su Saulės KMI (Lindsay ir kt., 1999; Mitsakou ir kt., 2009). Tarplanetinių Karūnos masės išmetimų žyme galima laikyti: žemą plazmos temperatūrą (Gosling, 1990; Mitsakou ir kt., 2009), stiprų ir sklandų magnetinį lauką (Burlaga ir kt., 1981; Mitsakou ir kt., 2009), padidėjusį helio kiekį (Borrini ir kt., 1982; Galvin ir kt., 1987; Mitsakou ir kt., 2009) ir žemą plazmos beta ir jos tankumą (Burlaga ir kt., 1981; Mitsakou ir kt., 2009), kai yra lyginama su aplinkui esančių Saulės vėju (Mitsakou ir kt., 2009).

Karūnos masės išmetimų ir smūgių sistema atlieka svarbų vaidmenį sukeliant dideles ir pagrindines vienkartines magnetinės audras (Xiang ir kt., 2005), kurios yra atsakingos už įvairių technologijų sutrikimus šalia ir pačioje Žemėje.

Karūnos masės išmetimai gali sutrikdyti Žemės magnetosferą, suspausdami ją dienos pusėje ir ištempdami nakties uodegą. Magnetosfera gali sukurti trilijonų vatų įtampą, nukreiptą į atmosferos viršutinius sluoksnius. Tai neretai sukelia pašvaistes – Šiaurės ir Pietų (*aurora borealis* ir *aurora australis*). O taip pat gali sutrikdyti radijo ryšį, sukelti įtampos šuolius, pažeisti palydovus ir elektros perdavimo linijas (<http://www.universetoday.com>).

* 1. **Saulės protonų lietūs**

Saulės žybsniai ir vainiko masės išmetimai yra išsiveržimai Saulės paviršiuje, kurie sukelia žymiai padidėjusios energijos dalelių srautus. Priklausomai nuo Žemės pozicijos, atsižvelgiant į išmetimą, dalelės gali pasiekti Žemės atmosferą. Tuomet toks reiškinys vadinamas Saulės protonų lietumi (PL) (Jackman, McPeters, 2004; Baumgaertner ir kt., 2010). PL nustatyti naudojamas protonų srautas >10 MeV. Protonų srautai yra 5-minučių vidurkis, kurių energija >10 MeV, atsižvelgiant į dalelių srautų vienetus (pfu): 1 pfu = 1 protonas/(cm2\*s\*sr). Saulės protonų lietūs pradedami nustatyti, kai jų srautai ≥10 pfu (<http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/indices/SPE.txt>). PL sukelia jonizacijos, disociacijos ir sužadinimo procesus atmosferoje. To rezultatas yra HOx ir NOx produktai vidurinėje ir viršutinėje atmosferoje (Jackman, McPeters, 2004; Baumgaertner ir kt., 2010). Produkcijos aukštį daugiausia lemia nusėdusių dalelių tipas ir skaičius bei jų energijos pasiskirstymas, kuris taip pat sąlygoja PL svarbą ozono sluoksnio plonėjimo laikotarpiu dėka HOx ir NOx produktų. Tokie įvykiai yra įdomūs gamtos eksperimentai, kurie leidžia mums išbandyti ir pagerinti supratimą apie atmosferos chemiją, mūsų stebėjimo pajėgumus ir skaitmeninio programavimo modelius (Baumgaertner ir kt., 2010).

Maždaug prieš 60 metų buvo įrodyta, kad Saulė gali sukelti reikšmingus labai energingų dalelių srautus (Forbush, 1946; Jackman, McPeters, 2004). Dideli PL, kurie įvyko prieš 30 metų, 1969 metų lapkričio mėnesį, davė pirmuosius įrodymus, kad ozono nykimas gali būti sąlygojamas šių Saulės išsiveržimų (Weeks ir kt., 1972; Jackman, McPeters, 2004). Kitos krūvį turinčios dalelės, be Saulės protonų, taip pat daro poveikį Žemės atmosferai.

Saulės protonai, kurie pirmiausia veikia mezosferą ir stratosferą, yra paveikti Žemės magnetinio lauko ir didžiausia dalis jų energijos patenka į poliarinius regionus. Saulės protonų poveikis gali būti atsitiktinis ir impulsyvus. Saulės protonų lietaus energijos matavimo vienetas vadinamas elektronvoltu ir žymimas – eV. Praktikoje naudojami tūkstantį (keV) ir milijoną (MeV) kartų didesni dydžiai. Labai aukštos energijos Saulės protonai (>100 MeV) gali daryti poveikį vidurinei ir žemutinei stratosferai. Sritis taip pat veikiama mažesnės energijos Galaktikos kosminiais spinduliais (GCRs – *Galactic Cosmic Rays*). Yra panašumų tarp visų krūvį turinčių dalelių atmosferoje intensyvėjimo, pavyzdžiui, didžioji dalis energijos, esančios atmosferoje, yra jonizacijos procesų priežastis.

Saulės protonai buvo išmatuoti kelių palydovų pagalba per pastaruosius kelis dešimtmečius. Tarpplanetinės Stebėsenos Platformos (IMP – *Interplanetary Monitoring Platform*) palydovų serija matavimus atlieka nuo 1963 metų iki dabar. Nuo 1975 metų duomenimis taip pat aprūpina NOAA Geostacionariniai Operatyvūs Aplinkos Palydovai (GOES – *Geostationary Operational Environmental Satellites*). Šie IMP ir GOES orbitoje esantys palydovai toli nuo Žemės atmosferos teikia patikimus matavimus apie atkeliaujančius Saulės protonus.

Saulės protonų srautai gali smarkiai pasikeisti per kelias minutes ir, visų pirma, įtakoti poliarinius regionus. Jie paprastai yra gana maži, protonų energijos nepakanka, kad įsiskverbtų į vidurinę atmosferą. Tačiau Saulės protonų lietūs gali sukelti reikšmingus protonų srautus artimiausioje Žemės aplinkoje, kas gali turėti poveikį atmosferai. Taip pat PL gali įvykti bet kuriuo metu per 11 metų Saulės ciklą (Jackman, McPeters, 2004).

Saulės protonų lietūs gali būti palydovinio ryšio sutrikimų priežastis ir gali sukelti kenksmingą spinduliuotės dozę astronautams, dirbantiems ir keliaujantiems kosmose (<http://spacemath.gsfc.nasa.gov/weekly/WeekAF.pdf>).



**1.3 pav.** Saulės protonų lietūs ir jų poveikis. (http://thesantosrepublic.com)

**1.6. NOAA geostacionariniai ir poliariniai palydovai**

Viena iš pagrindinių Nacionalinės vandenynų ir atmosferos administracijos (NOAA –[National Oceanic and Atmospheric Administration](http://www.google.lt/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.noaa.gov%2F&ei=hoPjTaWENMro-gbgxejcBg&usg=AFQjCNHhu20zk4L6PnTELeuAaR7d1chRFw)) Nacionalinės aplinkos palydovinės, duomenų ir informacijos tarnybos (NESDIS – [National Environmental Satellite, Data, and Information Service](http://www.google.lt/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.nesdis.noaa.gov%2F&ei=9oPjTcLwO8ur-gaX9OG3Bg&usg=AFQjCNFOGxIiwL5R1Gr9InuRkLSObiP_7A)) užduočių yra valdyti šalies aplinkos apsaugos palydovų sistemą. NESDIS valdo palydovus, apdoroja ir paskirsto milijonus duomenų baitų, vaizduojančių palydovų duomenis kasdien. Pagrindinis klientas yra NOAA, Nacionalinė orų tarnyba, kuri palydovinius duomenis naudoja sukurti prognozes visuomenei, televizijos, radijo ir orų konsultavimo paslaugoms. Palydovine informacija taip pat dalijamasi su įvairiomis federalinėmis agentūromis, tokiomis kaip Žemės ūkio, Vidaus reikalų, gynybos ir transporto departamentais, su kitomis šalimis, pavyzdžiui, Japonija, Indija ir Rusija, Europos kosminės agentūros nariais, Jungtinės Karalystės meteorologijos tarnyba ir privačiu sektoriumi.

NOAA naudojama orų palydovinė sistema yra sudaryta iš dviejų palydovų tipų. Geostacionariniai operatyvūs aplinkos palydovai (GOES) – trumpo diapazono įspėjimui, ir poliariniai, skirti ilgalaikei prognozei. Abiejų tipų palydovai yra reikalingi norint pilnai aprūpinti duomenimis pasaulinę orų stebėjimo sistemą.

Nauja GOES ir poliarinių palydovų serija buvo sukurta NOAA Nacionalinės aeronautikos ir kosminės administracijos (NASA – *National Aeronautics and Space Administration)*.Naujoji GOES-R serija pateikia aukštesnės erdvės ir laiko skyros atvaizdus ir, dirbdama visą darbo laiką, naudoja zondavimą (vertikalūs atmosferos temperatūros ir drėgmės profiliai). Naujausi poliariniai palydovai užtikrins geresnius atmosferos temperatūros ir drėgmės duomenis visomis oro sąlygomis. Ši nauja technologija padės Nacionaliniai orų tarnybai pateikti pačią pažangiausią orų prognozės sistemą visame pasaulyje (<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>).

**1.6.1. Geostacionariniai Operatyvūs Aplinkos Palydovai (GOES)**

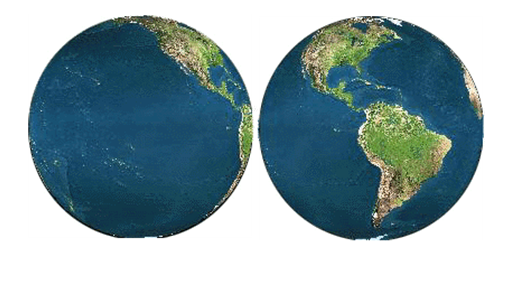
****

**1.4 pav.** Geostacionariniai Operatyvūs Aplinkos Palydovai (GOES). ([http://noaasis.noaa.gov.com](http://noaasis.noaa.gov.com.))

GOES palydovai aprūpina nuolatinio pobūdžio stebėsena, būtina intensyviai duomenų analizei. Jie sukasi aplink Žemės geosinchroninę orbitą, tai reiškia, kad palydovai skrieja Pusiaujo plokštumoje greičiu, atitinkančiu Žemės sukimosi greitį. Tai leidžia jiems sklandyti nesustojant. Geosinchroninė plokštuma yra maždaug 35.800 km virš Žemės, tai pakankamas aukštis, kad būtų galima palydovų pagalba matyti pilną Žemės disko vaizdą. Kadangi lieka virš fiksuoto taško, palydovai užtikrina nuolatinį budėjimą atmosferiniams pasikeitimams, atšiaurioms gamtinėms sąlygoms, tokioms kaip tornadai, staigūs potvyniai, krušos, audros ir uraganai įspėti. Kai šios sąlygos formuojasi, GOES palydovai gali stebėti audros vystymąsi ir sekti jos judėjimą.

GOES palydoviniai vaizdai taip pat naudojami vertinant kritulių kiekį per audras ir uraganus, staigaus potvynio įspėjimui, iškritusio sniego susikaupimui ir bendram sniego dangos mastui apskaičiuoti. Tokie duomenys meteorologams padeda nuspėti žiemos audrų pavojingumą ir sniego tirpimo greitį pavasarį. NASA pirmąjį GOES, skirtą NOAA, paleido 1975 ir sekė jį su kitu, paleistu 1977 metais. Šiuo metu JAV veikia GOES-11 ir GOES-12. GOES-13 yra saugomas orbitoje kaip pakaitalas GOES-12 ar GOES-11 nesėkmės atveju.

Paprastai Jungtinės Valstijos valdo du meteorologinius palydovus geostacionarinėje orbitoje per pusiaują. Kiekvienas palydovas stebi beveik trečdalį Žemės paviršiaus: vienas kontroliuoja Šiaurės ir Pietų Ameriką ir didžiąją dalį Atlanto vandenyno, kitas – Šiaurės Ameriką ir Ramiojo vandenyno baseiną (1.5 pav.). GOES-12 (arba GOES-Rytai) yra nukreiptas 75o laipsniai į vakarų ilgumą ir pusiaują, tuo tarpu GOES-11 (arba GOES-Vakarai) yra nukreiptas 135o į vakarų ilgumą ir pusiaują. Abu kartu veikia tam, kad „pagamintų“ pilną Žemės nuotrauką ir dieną, ir naktį. Apimtis tęsiasi maždaug nuo 20o vakarų ilgumos iki 165o rytų ilgumos. Šie skaičiai rodo kiekvieno palydovo stebėjimo zoną.



GOES-12

GOES-11

**1.5 pav.** GOES-11 (GOES-WEST) ir GOES-12 (GOES-EAST) palydovų stebėjimo zonos.(<http://noaasis.noaa.gov.com>)

Jungtinės Amerikos Valstijos gavo didelį pelną iš naujos GOES palydovų serijos, kadangi jie padeda prognozuotojams geriau numatyti audrų pavojų, staigius potvynius, uraganus ir kitus smarkius oro pasikeitimus. GOES-I serijos palydovai meteorologus ir hidrologus aprūpina išsamiais oro matavimais, dažniau vaizdais, ir naujais atmosferinio gylio matavimo tipais. Duomenys, surinkti GOES palydovais, jungiami su naujais Dopplerio radarų duomenimis ir su moderniomis komunikacinėmis sistemomis. Tai pagerina prognozes apie orų pasikeitimus, išgelbėjamos žmonių gyvybės, apsaugomas turtas, užtikrinama žemės ūkio ir komercinių interesų įvairovė (<http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>).

* 1. **Saulės audros**

Kosminiai „orai“ sukuriami Saulėje. Jie prasideda su išsiveržimais, tokiais kaip dideliais šviesos ir radiacijos pliūsniais, vadinamais Saulės žybsniais, ar milžiniškais Saulės materijos debesimis vadinamais karūnos masės išmetimais (<http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/storms-on-sun.html>). Galingi Saulės plazmos sprogimai, kitaip Saulės išsiveržimai, pasiekią Žemę sukelia geomagnetines audras, kurių metu paveikiama jonosfera ir sukuriami stiprūs magnetiniai laukai. Šie laukai ir jų srovės gali paveikti Žemės organizmus ar jų gyvenimo sąlygas. Vidutiniškai geomagnetinė audra gali trukti vieną ar dvi dienas, jos metu magnetinių laukų aplintudė gali svyruoti nuo 200-300 NT iki 1000 NT, kuri viršija normalias fonines vertes įvairių dažnių juostose 5000-10000 kartų (Zaporozhan, Ponomarenko, 2010).

Mokslininkai stebi keletą skirtingų kosminio „oro“ reginių – geomagnetines audras ir Saulės radiacines audras, kurios įvyksta dėl Saulėje vykstančių sprogimų.

**Geomagnetinės audros.** Viena iš dažniausiai pasitaikančių kosminių orų formų, geomagnetinė audra, pasireiškia bet kuriuo metu Žemės magnetinėje aplinkoje, tiksliau magnetosferoje, kuri veikiant magnetiniai audrai patiria staigius ir kartotinius pasikeitimus. Tai momentas, kai magnetiniai laukai nuolat iš naujo atsistato ir energija greitai peršoka iš vienos srities į kitą.

Geomagnetinės audros susidaro tik tuo atveju, kai tam tikri KMI tipai susijungia su išorine magnetosferos dalimi ilgesniam laikui. Saulės medžiagos, esančios karūnos masės išmetimuose, keliauja savo sukurtais magnetiniais laukais. Jeigu abiejų laukų susijungimo taškai šiaurėje, tuomet susilygina Žemės magnetosferos ir Saulės magnetiniai laukai, ir Saulės energija bei dalėlės paprasčiausiai apteka aplink Žėmę ir sukelia tik mažus pakitimus. Tačiau jeigu susijungimo taškai yra Pietuose, t.y. į priešingą pusę Žemės magnetiniams laukams, tuomet sukeltas poveikis gali būti žymiai didesnis. Saulės magnetiniai laukai atverčia atgal tolimiausią Žemės magnetinio lauko sluoksnį, pakeisdama visą magnetosferos formą. Tai yra pradininis geomagnetinių audrų etapas.

Kitas etapas yra pagrindinis, jis gali trukti nuo kelių valandų iki kelių dienų, kadangi įkrautos dalelės įsiveržia į magnetosferą, sukaupia daugiau energijos ir pasiekia didesnį greitį. Šios dalelės skverbiasi vis arčiau ir arčiau planetos. Šiame etape Žemėje galima pamatyti pašvaistę mažesnėse nei įprastai platumose.

Galutinis geomagnetinės audros etapas trunka kelias dienas, iki tol, kol magnetosfera grįžta į savo pradinę būseną. (<http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/storms-on-sun.html>)

Daugelio Saulės audrų pasekmės yra minimalios, tai dažniausiai tik jau minėtos pašvaistės. Tačiau kartais Saulė sau leidžia daugiau. Joks dabar gyvenantis žmogus nėra patyręs tikros superaudros poveikio. Galingiausia iš visų kada nors užregistruotų Saulės audrų įvyko 1859 m. Dangų užliejusios pašvaistės buvo matomos ir toli pietuose esančiuose Karibuose, magnetinių kompasų rodyklės chaotiškai sukiojosi, o telegrafai sugedo. Ledynų kernai rodo, kad tokio masto Saulės dalelių pliūpsnis būna retai – vidutiniškai kas 500 metų. Tačiau net ir mažesnės, kas 50 m. vykstančios audros galėtų „iškepti“ palydovus, sutrikdyti radijo stočių darbą ir nutraukti tarpžemyninį ryšį (http://www.technologijos.lt). Kraštutiniais dabartinių geomagnetinių audrų atvejais, gali būti pažeisti transformatoriai, elektros tinklų perdavimo linijos, palydovinio ryšio siųstuvai, gali sutrumpėti erdvėlaivių eksploatavimo laikas, gali atsirasti trukdžių perduodant aukšto dažnio radijo bangas, taip pat gali būti užblokuotos palydovinės navigacijos sistemos. (<http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/storms-on-sun.html>)

Geomagnetinės audros gali paveikti net tik įvairius įrenginius, bet daryti poveikį ir žmonių sveikatai. Keletą dienų prie magnetinę audrą padaugėja širdies priepuolių skaičius, labai padaugėja pacientų su trinkančiu širdies ritmu – ypač su prieširdžių virpėjimais, taip pat dūstančių ir su nevaldomai aukštais kraujospūdžiais. Lėtinių ligų turintiems žmonėms jau keletą dienų prieš audrą papildomai reikia gerti kraują skystinančių vaistų, taip pat raminamųjų, nes dėl magnetinio lauko suaktyvėjimo didėja nervinė įtampa, o didėjant jai, sutrinka ir kraujospūdis, kurio kontrolei šiomis dienomis taip pat reikia skirti daugiau dėmesio. Sveiki žmonės taip pat turėtų pristabdyti gyvenimo tempą: nesiimti didelių fizinių ir psichologinių krūvių, vengti stresinių situacijų, jei įmanoma, neplanuoti rimtų, įtemptų pasitarimų darbe, nepradėti naujų darbų, nesileisti į ilgas keliones, kurių metu tenka ilgai sėdėti sulenktomis kojomis, nes didėja rizika susidaryti trombui. Jei vis dėlto tenka keliauti, medikai prieš kelionę pataria išgerti kraują skystinančių vaistų (http://lynk.ly).

Geomagnetinės audros matuojamos antžeminiais prietaisais, kad stebėti, kaip horizontalus Žemės magnetinio lauko komponentas svyruoja. Remiantis šiais matavimais, audros yra skirstomi penkias kategorija, nuo G1 (silpnos) iki G5 (ekstremalios). (<http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/storms-on-sun.html>)

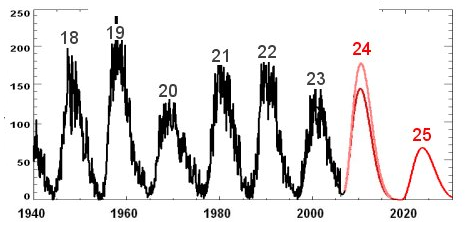
Yra sukurta keletas matavimo skalių geomagnetinių audrų stiprumui matuoti. K ir Ak indeksai yra naudojami kategorizuoti geomagnetinių audrų intensyvumą. K vertės svyruoja nuo 0 iki 9 ir yra pagrįstos maksimaliu magnetinio lauko nuokrypimu trijų valandų laikotarpyje. Ak indekso vertės svyruoja nuo 0 iki 400 – tai 24 valandų indeksas, gautas iš aštuonių dienų, 3 valandų K indekso, verčių. Vadinamos „ramios“ geomagnetinės audros yra klasifikuojamos K reikšmėmis, kurios svyruoja nuo 0 iki 4 ir kartu Ak reikšmėmis, kurios svyruoja nuo 0 iki 20. „Nedidelių“ geomagnetinių audrų klasifikacija paremta nuo 5 K indekso vertės arba Ak reikšmės, svyruojančios nuo 30-50. „Smarki“ audra yra fiksuojama tuomet, kai K indekso vertės yra nuo 7 iki 9, o Ak dydžiai svyruoja nuo 100-400. 1999 metais, keičiant matavimų skales, Nacionalinė vandenynų ir atmosferos administracija (NOAA) įvedė G skalę, paremtą planetos K indeksu, siekiant įvertinti galimą geomagnetinį poveikį fizinėms infrastruktūroms. Planetinis K indeksas, taip pat žinomas kaip Kp, yra apskaičiuojamas iš 13 stočių (daugiausia esančių Šiaurės pusrutulyje) užfiksuotų K indeksų verčių. Kp indeksas naudojamas nustatyti AP indeksą. Ap indeksas yra vidutinė magnetinio aktyvumo amplitudė (Moliński ir kt., 2000; <http://www.oecd.org/dataoecd/57/25/46891645.pdf>). Ap dydis įvertina Saulės vėjo dalelių radiaciją pagal poveikį Žemės magnetiniam laukui bei įvertina elementariųjų dalelių srauto intensyvumą į Žemę. Ap nustatomi naudojantis 13 pasaulio observatorijų duomenis. Ap indeksas yra paros *ap* indeksų vidurkis. Indeksu *a* žymimas konkrečios observatorijos trijų valandų maksimalus horizontalios magnetinio lauko dedamosios kitimas, *ap* - 13 observatorijų *a* indeksų vidurkis. NGDC duomenimis, kai – 30≤Ap<50, konstatuojama silpna geomagnetinė audra (GMA), kai Ap≥50 – stipri GMA (Venclovienė J., Babarskienė M. R., 2009). Tikslius kategorijų apibrėžimus galima rasti SEC internatiniame puslapyje <http://www.swpc.noaa.gov/NOAAscales/>.

**Saulės radiacinės audros.** Saulės radiacinė audra, kuri taip pat kartais dar vadinama Saulės didelės energijos dalelių (angl. Solar energetic particle – SEP) įvykiu, maždaug skamba kaip intensyvus radiacijos pritekėjimas iš Saulės. Abu, ir karūnos masės išmetimai ir Saulės žybsniai, gali turėti radiacijos, sudarytos iš protonų ir kitų įkrautų dalelių. Radiacinė spinduliuotė yra blokuojama magnetosferos ir atmosferos, todėl negali pasiekti žmonių Žemėje. Tokia audra gali pakenkti tik astronautams, keliaujantiems iš Žemės į Mėnulį ar Marsą, tačiau lėktuvo keleiviams ar astronautams, esantiems vidinėje Žemės magnetosferoje, ji turi nežymų poveikį. Saulės radiacinės audros taip pat gali sukelti aukšto dažnio radijo komunikacijų trikdžius tam tikruose regionuose. Todėl audrų metu lėktuvuose, kurių kelionų maršrutai yra šalia polių, gali sutrikti GPS sistemų veikla.

Saulės radiacinės audros yra vertinamos pagal skalę nuo S1 (silpnos) iki S5 (ekstremalios), nustatomą pagal tai, kokio energingumo ir kokiu greičiu juda Saulės dalelės per tam tikrą kosminę erdvę atmosferoje. Ekstremaliausios audros gali sukelti visišką aukšto dažnio radijo ryšio nutrūkimą, taip pat pakenkti elektronikos, atminties ir vaizdo gavimo palydovų sistemoms, o astronautams, esantiems už Žemės magnetosferos ribų, gali pasireikšti radiacininis apsinuodijimas (<http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/storms-on-sun.html>).

* 1. **Saulės aktyvumas**

Visi aktyvūs reiškiniai Saulės paviršiuje kartojasi pastoviu ciklu, kuris lygus 11,2 metų (1.6 pav.). Saulės aktyvumo kitimas aiškinamas magnetinio lauko polių inversija, kurios priežastis yra magnetinio lauko linijų susisukimas dėl Saulės paviršiaus skirtingų judėjimo greičių. Paskutiniai aktyvumo metai buvo 1991 m. ir 2002 m. Įdomiausia, kad po paskutinio aktyvumo mūsų žvaigždė nenurimo. Jos aktyvumas stebimas jau šimtus metų ir tai yra pakankamai natūralus reiškinys. Nukrypimai nuo aktyvumo ciklo rodo tik tai, kad Saulės reiškinių dinamika nėra iki galo ištirta.

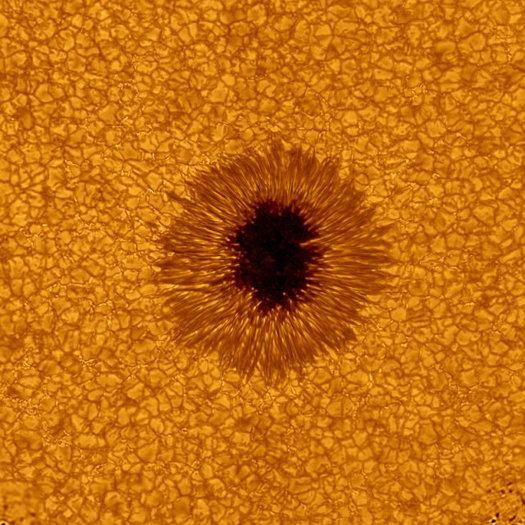
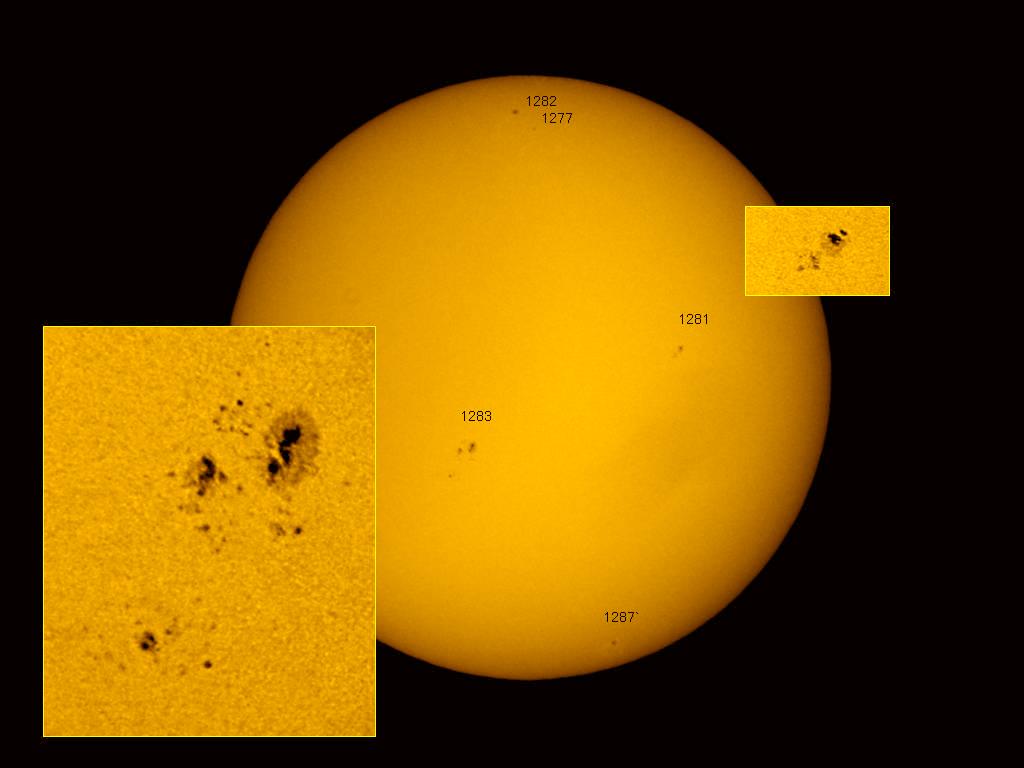


Saulės ciklai

**1.6 pav.** Saulės aktyvumas, 11 metų ciklai. (<http://science.nasa.gov.com>)

Iki kosminės eros pradžios Saulė buvo stebima tik matomojoje šviesoje, o nuo trečiojo dešimtmečio - ir radijo bangų diapazone. Kosminiai aparatai leido žmonijai pažvelgti į dienos šviesulį visai nauju žvilgsniu. Saulės veidas tiesiog užkunkuliavo ultravioletiniuose, rentgeno ir gama spinduliuose. Iš šiuo metu veikiančių orbitinių Saulės observatorijų žymiausia yra net nuo 1996 m. įvairiuose spinduliuose besižvalganti SOHO (kurią NASA sukūrė bendradarbiaudama su europiečiais), palydovai dvyniai STEREO, kurie generuoja trimatį Saulės vaizdą, japonų erdvėlaivis "Hinode" bei 2010 m. paleista Saulės dinaminė observatorija (SDO), kuri nuolat fotografuoja šviesulį kas 10 sekundžių. Jau tapo įprasta, kad apie būsimas magnetines audras pranešimus gauname vos tik įvykus žybsniui, t.y. 2-3 paros iki audros pradžios (http://www.astronomija.info).

Saulės paviršiuje vyksta nuolatinė dinamika: didėjant aktyvumui šviesioje Saulės fotosferoje pasirodo tamsių darinių, tai – dėmės (3 pav). Jų būna pavienių ir pakankamai sudėtingų, sudarančių grupes, struktūrų (http://www.technologijos.lt). Dėmių atsiradimas susijęs su Saulės magnetiniu lauku. Jos susidaro, kur magnetinio lauko jėgų linijos išeina į Saulės paviršių arba nusileidžia po juo. Taigi dėmės dažniausiai formuojasi poromis, tarsi vėsūs vienos arkos galai. Įspūdingiausiai atrodo juoduojančios dėmių grupės (<http://www.astronomija.info)>.



**1.7 pav.** Saulės dėmės. (http://news.nationalgeographic.com)

Saulės dėmę sudaro tamsus ovalas – vadinamasis šešėlis – ir jį supantis šviesesnis pusšešėlis. Mažų dėmių, vadinamų poromis, skersmenys būna 700 km. Didelės gali siekti iki 15 000 km., o pačios didžiausios dėmės kartais pasiekia 100 000 km skersmenis, t.y., būna bent 10 kartų didesnės už Žemę. Poros egzistuoja tik kelias paras, vidutinės dėmės – 10-20 parų, o didžiausios – net iki 100 parų, taigi ilgiau nei Saulė tris kartus apsisuka apie savo ašį. Dėmės atrodo tamsios dėl kontrasto su jas supančia fotosfera, nes jų temperatūra yra 1500 K žemesnė, o skaistis – 4 kartus mažesnis. Kai Saulė mažiausiai aktyvi, dėmių joje labai maža ir jos matomos abiejuose pusrutuliuose ties 30o platuma. Laikui bėgant, jos randasi vis arčiau pusiaujo. Dėmės daugiausia susidaro poromis ir grupėmis, kuriose kartais būna dešimtys įvairaus dydžio dėmių (Ažusienis ir kt., 2003).

Saulės aktyvumo rodiklis yra dėmėtumas, reiškiamas Volfo skaičiumi, fakelų ir protuberantų skaičiumi, Saulės radijo spinduliavimo intensyvumu ir kt.

(<http://www.hkk.gf.vu.lt/nauja/studentams/klimato_svyravimai/KS_4.pdf>). *Volfo* skaičius:



Čia *d* yra bendras dėmių skaičius, *g* – grupių skaičius, *k* – koeficientas, priklausantis nuo stebėjimo metodo ir teleskopo dydžio. Esant didžiausiam aktyvumui, vidutinis metinis *Volfo* skaičius svyruoja tarp 45 (1802 m.) ir 190 (1957 m.) (Ažusienis ir kt., 2003).

Epizodiniai Saulės aktyvumo svyravimai sukelia įvairius veiksnius, kurie mums yra labai reikšmingi. Energingųjų dalelių sukeliama apšvitos dozė yra atsitiktinis pavojus astronautams ir orbita skriejančių palydovų elektronikai. Geomagnetinio lauko sutrikimai gali sugadinti energijos sistemas, nutraukti komunikacijos ryšius, pažeisti aukštųjų technologijų navigacijos sistemas, arba sukurti įspūdingas pašvaistes. Kosmoso orų prognozių centras (angl. Space Weather Prediction Center – SWPC) įspėja apie šiuos reiškinius ir vykdo Saulės monitoringą, kuris buvo pradėtas dar prieš 400 metų su pirmuoju Galilėjaus išrastu teleskopu (<http://www.swpc.noaa.gov/info/SolarEffects.html>).

* 1. **Saulės reiškinių poveikis žmonių sveikatai**

Žmonės pasitaikančius negalavimus dažniausiai sieja su orų permainomis. Medikų manymu, jie ypač susiję su Saulės žybsniais - magnetinėmis audromis. Magnetinės audros priklauso nuo saulės aktyvumo. Nors paskutinis aktyvumo pikas buvo 2000 metų balandį, saulės blyksnių kiekis ir intensyvumas iki šiol tebėra gana dideli. Tai reiškia, kad kiekvieną mėnesį keletą dienų mus veikia saulės audros. Magnetinio lauko pokyčiams jautrūs ir gyvūnai - katės, žuvytės, paukščiai. Naminiai gyvūnai pasidaro vangūs, slepiasi, žuvytės glaudžiasi prie šiltų akvariumo sienelių. Šios audros pavojingiausios žmonėms, kurie serga arterine hipertenzija arba hipotenzija ir širdies ligomis (www.medicinavisiems.lt).

Yra atlikta daugybė tyrimų, tiek istorinių tiek dabartinių, norint išsiaiškinti galimą Saulės žybsnių įtaką žmonių gyvenimo kokybei, nuotaikai, emocijoms ir sprendimų priėmimui (http://helenbukulmez.com). Būtent po M klasės Saulės žybsnių yra nustatytas tiesioginis ryšys tarp Saulės audrų ir biologinių pokyčių žmogaus organizme.

Saulės žybsniai gali paveikti centrinę nervų sistemą, smegenų veiklą (įskaitant pusiausvyrą), kartu ir žmonių elgesį bei visas psichines-fizines reakcijas: protines, emocines ir fizines. Dėl Saulės žybsnių žmogus ir visos gyvos būtybės gali jausti nerimą, susirūpinimą, nervingumą, galvos svaigimą, drebulį, irzlumą, mieguistumą, nuovargį, gali atsirasti trumpalaikės atminties sutrikimų ir sutankėti širdies plakimas, ar jausti ilgą laiką spaudimą galvoje bei jos skausmą, taip pat žmogus gali jausti šleikštulį ar pykinimą.

Tomis dienomis daugybė žmonių jaučiasi nervingi ir neramūs. Žybsnių metu asmuo vienu metu gali jaustis ir hiper aktyvus ir pavargęs. Pastebėta daug naujų simptomų. Kai kuriems žmonėms atrodo, kad laikas ir erdvė svirduliuoja daug nepastoviau negu anksčiau. Lengvai praranda laiko nuovoka. Žmogus kalbėdamas gali pamiršti tam tikrus žodžius. Atrodo, jog diena tiesiog dingsta. Žmogų gali kankinti nemiga, nes padažnėja blaškymasis ir vartymasis nakties metu, daugelis sapnuoja neįprastus sapnus. Kūne jaučiami didėlės energijos antplūdžiai. Yra daugybė straipsnių, kuriuose rašoma apie pykinimą, kūno skausmą, širdgėlą ir svaigulį. Daugelis žmonių jaučia gilų sielvartą. Kai kurie jaučiasi taip, tarsi vaikščiotų ant vandens. Kitiems užsimerkus svaigsta galva. Atsiranda ir regos sutrikimų, spengimas ausyse, vidinės ausies, ryklės ir skydliaukės problemų, šąla kojos ir netgi tokių keistų simptomų, kaip liežuvio džiūvimas ([www.carliniinstitute.com](http://www.carliniinstitute.com)).

Ląstelės lygmenyje Saulės žybsniai ir fotonų bangos turi stiprų poveikį žmogaus organizmui, jie gali gana greitai įkaitinti ląstelės branduolius ir sukelti karščio bangas. Kitos neigiamos emocijos praeityje atsitikusių įvykių ar traumų, yra paslėptos ir saugomos lastelių atmintyje ir dėl stiprios magnetinių laukų sąveikos jos gali išsiveršti į paviršių. Todėl kartais galime jausti liūdesį ar sielvartą nesuprasdami, kodėl mus užklumpa tokie jausmai.

Kalbant apskritai, žmonės, kurie laiko pyktį, baimes ir pavydą savyje, gali turėti susilpnėjusį energijos lauką. Jeigu elektromagnetiniai energijos laukai yra susilpnėję, tikėtina, kad asmuo bus stipriau paveiktas Saulės aktyvumo.

Saulės aktyvumas sąmoningai ar nesąmoningai suaktyvina žmonių mintyse laikomus jausmus, tokius kaip pavydą, pyktį ir baimę. Jei žmonės nesistengia panaikinti problemų, kurios sukelia tokius jausmus, tai šie jausmai tampa dar stipresni Saulės aktyvumo metu. Jei žmogus nusprendžia sumažinti Saulės aktyvumo sukeltą poveikį, jis gali valdyti savo emocijas per stresą mažinančius užsiėmimus, tokius kaip meditacija, relaksacija, įvairūs pratimai, joga, ar melstis ir ieškoti dvasinio ryšio, ar net dėvėti įvairias magnetinės apyrankės ir karolius ([www.truthnhealth.com](http://www.truthnhealth.com)).

Gerai žinoma, kad žmonės, sergantys širdies ir kraujągyslių sistemos ligomis, yra jautrus orų pokyčiams. Todėl tai reiškia, kad geomagnetinis aktyvumas turi įtakos žmonių sveikata. Cornelissen ir kt. (2002) nustatė, kad mirtingumas nuo miokardo infarkto (MI) Minesotoje, Jungtinėse Amerikos Valstijose, esant Saulės maksimumui padidėja 5 %, lyginant su minimaliu jos aktyvumu. Jie padarė išvadas, kad yra papildoma MI rizika esant dideliam Saulės aktyvumui, o tai duoda suprasti, kad papildoma rizika yra ir dėl padidėjusio geomagnetinių audrų skaičiaus. Kai kurie tyrimai rodo, kad papildoma rizika geomagnetinio aktyvumo metu nukrypta nuo „normalaus“ rizikos lygio. Pavyzdžiui, Shumilov ir kt. (2003) parnešė, jog ne tik didelės geomagnetinės audros, bet ir mažo lygmens turi neigiamą poveikį žmonių sveikatai. Dimitrova (2006) ir Dimitrova kartu su Stoilova (2002 ir 2003) ištyrė, kaip kasdieniniai geomagnetiniai svyravimai veikia sistolinį ir diastolinį kraujo spaudimą, pulso dažnį, elgesį ir subjektyvius žmonių nusiskundimus. Remiantis fiziologiniais parametrais ir statistinėmis analizėmis, jos studijavo šių reiškinių pokyčius ir geomagnetinių audrų lygius, darančius poveikį žmonių fiziologinėms reakcijoms. Gurfinkel ir kt. (1998) įrodė, kad geomagnetinių audrų metu miokardo infakto atvejų skaičius išauga 2,5 karto, ūmių smegenų pažeidimų – 2 kartus, krūtinės anginos ir širdies rimto sutrikimų – 1,5 karto, bei mirčių – 1,2 karto, atsižvelgiant į laikotarpius kuomet nefiksuojamos geomagnetinės audros. Tyrimai rodo, kad per didelių geomagnetinių audrų periodus, hospitalizuotų žmonių su nervinėmis ligomis skaičius patikimai padidėja, dažniau pasitaiko savižudybių atvejų.

Žmogaus centrinė ir vegetatyvinė nervų sistemos yra jautrios ir reaguoja į goemagnetinius sutrikimus. Didelio Saulės aktyvumo metu pacientai dažnai kenčia nuo trumpalaikių manijos ir depresijos psichozių. Kai stabilizuojasi geomagnetinės sąlygos, maniakiškas etapas baigiasi ir prasideda depresijos laikotarpis. Nervinė sistema puikiai parodo neigiamą geomagnetinių laukų trikdžių įtaką žmonių sveikatai (Babayev, Allahverdiyeva, 2007).

Nustatyta, kad magnetinės audros metu kraujas ima tirštėti. Dėl tiršto kraujo sulėtėja deguonies apykaita, o pirmiausiai į deguonies stygių sureaguoja smegenys ir nervų galūnėlės. Suaktyvėja trombocitų susidarymo procesai, dė lto padaugėja ligonių, sergančių širdies ir kraujagyslių ligomis. ([www.medicinavisiems.lt](http://www.medicinavisiems.lt)).

* 1. **Ūmūs koronariniai sindromai**

Ūminis koronarinis sindromas – tai ūmaus išeminės širdies ligos pasireiškimo atvejis. Šis sindromas pasireiškia, kai vainikinėje kraujagyslėje virš aterosklerozinės plokštelės susidaro trombas. Ūminis koronarinis sindromas dažnai apibūdinamas kaip nestabili krūtinės angina (priešinfarktinė būklė) arba ūminis miokardo infarktas ([http://www.tromboze.lt](http://www.tromboze.lt/ligos/umus-koronarinis-sindromas/))

**Aterosklerozė** (gr. *athere* – košelė, *sclerosis* – kietas) yra arterijų patologija, pasireiškianti išplitusiais židininiais vidinio arterijų sluoksnio (intimos) sustorėjimais – aterosklerozinėmis plokštelėmis, kurias sudaro nusėdę kraujo riebalai ir suvešėjęs jungiamasis audinys.

Aterosklerozė yra dažna, anksti prasidedanti ir lėtai progresuojanti arterijų liga, pažeidžianti elastinio ir elastinio raumeninio tipo stambiąsias bei vidutines – aortos, stambiųjų aortos šakų, širdies vainikinių, smegenų, kojų, pasaito ir inkstų arterijas, ilgą laikotarpį nesiaurinanti kraujagyslės spindžio ir galinti būti besimptomė. Aterosklerozė labai retai atsiranda vidinėje krūtinės arterijoje (*a. thoracica interna*). Ji gali plisti nuosruvoms panaudotose venose. Klinikiniai simptomai ir požymiai atsiranda, kai didėjant aterosklerozinėms plokštelėms ir siaurėjant arterijų spindžiui, prasideda širdies raumens išemija arba dėl ūminės aterotrombozės staiga sutrinka raumens aprūpinimas krauju.

Aterosklerozė – viena pagrindinių širdies ir kraujagyslių ligų priežasčių. Europos šalyse širdies ir kraujagyslių ligos lemia daugiau kaip 4 mln. mirčių kasmet.

Aterosklerozė yra poligeninė patologija, kurios atsiradimą gali sukelti daugelio genų, lemiančių lipoproteinų apykaitą, krešumą ir uždegimą, pokyčiai. Reikšminga ir aplinkos veiksnių (pvz., rūkymo, nejudros, netinkamos mitybos) ir genų sąveika, lemianti „genetinį imlumą“ aterosklerozei. Aterosklerozei atsirasti gali būti svarbios ir monogeninės ligos, paveldimos autonominiu dominantiniu arba recesyviniu būdu, pvz., šeiminė heterozigotinė arba homozigotinė hipercholesterolemija, pvz., MTL receptoriaus geno mutacija.

*Aterosklerozės sukeliami sindroma*i: staigi širdies ligos sukelta mirtis, nebylioji išemija, stabilioji krūtinės angina, nestabilioji krūtinės angina, ūminis miokardo infarktas, insultas, praeinantis smegenų išemijos priepuolis, obliteruojamoji kojų arterijų liga, pasaito arterijų kolika (*angina abdominalis*), aortos lanko ir pilvinės aortos dalies aneurizma.

**Nestabilioji krūtinės angina** (NKA) yra ūminis miokardo išeminis sindromas, kuris dažniausiai pasireiškia krūtinės skausmu ar nemaloniu pojūčiu, elektrokardiogramos kintamu ST segmento nusileidimu ir/arba T dantelio apgrąža (inversija), normalia ar mažiau negu du kartus padidėjusia kardiomiocitų pažeidimo žymenų (troponinas I ar T) verte ir padidėjusia miokardo infarkto ir mirties rizika.

NKA siejama su funkciškai svarbios širdies vainikinės kraujagyslės užsikimšimo sukelta miokardo išemija, kai aprūpinimas deguonimi neatitinka metabolinių širdies raumens poreikių. Patofiziologiniai miokardo išemijos mechanizmai: nestabiliosios aterosklerozinės plokštelės jungiamojo audinio stogelio įplyšimas arba plyšimas, trombocitų agregacija, trombo formavimasis, trombocitų agregatų ir plyšusios plokštelės sudedamųjų dalių mikroembolizacija, angiospazmas ar širdies vainikinių arterijų tonuso pakitimas, išsiskyrus kraujo plokštelių vazokonstrikcinėms medžiagoms (serotoninui, A2 tromboksanui ir endotelinui), antitrombozinės endotelio funkcijos praradimas, uždegimo tarpininkai (mediatoriai) ir dažniausiai dalinė širdies vainikinių arterijų okliuzija. Vainikinių širdies arterijų uždegimas (pvz., sukeltas oksiduotų lipidų sankaupų) skatina aterosklerozinės plokštelės išplitimą ir destabilizaciją, įplyšimą ar plyšimą ir aterotrombozę. Aktyvinti makrofagai ir T limfocitai skatina metaloproteinazių ekspresiją, kuri sukelia plokštelės išplonėjimą ir plyšimą. Plokštelė gali plyšti ir jei nėra labai didelės vainikinių arterijų spindžio stenozės, bet yra sąlygos trombui susidaryti (ateromatozė). Fiziologinę obstrukcijos svarbą reikia vertinti atsižvelgiant į tam tikras papildomas sąlygas, pvz., miokardo deguonies poreikis gali padidėti, jei yra širdies raumens hipertrofija, arterinė hipertenzija ar didelis fizinis krūvis. Antrinės NKA priežastys: 1) padidėjęs miokardo deguonies poreikis dėl tachikardijos, tirotoksikozės ar karščiavimo; 2) sutrikusi vainikinių arterijų kraujotaka dėl hipotenzijos; 3) sumažėjęs miokardo aprūpinimas deguonimi, sukeltas anemijos ar hipoksijos.

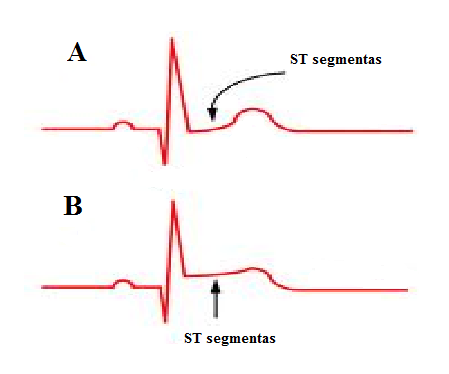
Nestabiliosios aterosklerozinės plokštelės pagrindiniai skiriamieji bruožai, palyginti su stabiliąja plokštele, yra plonesnis aterosklerozinis stogelis, didesnės apimties lipidinė šerdis, endotelio erozija, uždegiminės ląstelės, aktyvinti makrofagai ir daug mažiau lygiųjų raumenų ląstelių.

Staiga sutrikus ar nutrūkus miokardo aprūpinimui krauju iš pradžių atsiranda grįžtami kardiomiocitų struktūros pokyčiai, o išemijai užtrukus miršta ir nekrozuoja pavieniai kardiomiocitai ir jų grupelės. Susidaro išeminio miokardo tarpaudininė (instersticinė) fibrozė, o mirusių kardiomiocitų vietoje veša jungiamasis audinys. Tai židininė substitucinė miokardo fibrozė, arba poinfarktinis randas (Širdies ligos: universiteto vadovėlis, 2009).

**Miokardo infarktas** – tai širdies raumens dalelės žūtis (nekrozė) dėl sutrikusio aprūpinimo krauju. Tai dažniausiai lėtinės išeminės širdies ligos komplikacija, pasibaigianti organizmo žūtimi. Svarbiausias miokardo infarkto požymis – stiprus skausmas, atsiradęs už krūtinkaulio, kuris plinta į kairę ranką, petį, kaklą ir trunka ilgiau kaip 20 minučių. Skausmą lydi bendras silpnumas, dusinimas. Ligonį išpila šaltas prakaitas. Kai kada skausmas atsiranda viršutinėje pilvo dalyje, po krūtinkauliu, arba dešinėje krūtinės ląstos pusėje. Nuo infarkto dydžio ir vietos priklauso širdies veiklos sutrikimai, sąmonės būklė. Jei širdis nesustoja, tai žmogus pasveiksta, o infarkto vietoje susidaro randas (Gražulevičienė, 2002). Didelis jis ar mažas priklauso nuo to, kurioje vietoje ir kokio dydžio kraujagyslė užsikimšo. Jei kraujagyslė buvo užsikimšusi pradžioje – susidaro didelis randas, jei pabaigoje – mažas. Reikėtų paminėti, kad infarktas gali įvykti staiga arba jau prieš tai kelis metus esant širdies skausmams – krūtinės anginai (stenokardijai) (www.neris.jonava.lm.lt).

Pagrindiniai veiksniai, nuo kurių priklauso MI vieta ir apimtis: vainikinės arterijos užsikimšimo (okliuzijos) vieta, užsikimšusios arterijos skersmuo, staigi ar laipsniška okliuzija, kolateralinė kraujotaka ir jos veiksmingumas, kitų vainikinių arterijų būklė, trombo didėjimas užsikimšimo vietoje, vainikinių arterijų šakojimosi rūšis, bendra kraujotakos būklė, arterinis kraujospūdis, reologinės kraujo savybės (Širdies ligos: universiteto vadovėlis, 2009).

**Ūmus miokardo infarktas (MI)** skirstomas į MI su ST ir be ST pakilimo. Kai nesveika kraujagyslė susiaurėjimo vietoje užkemšama trombu, tam tikra širdies raumens dalis negaudama deguonies, apmiršta ir liaujasi dirbusi. Tuomet sutrinka širdies laidumas ir kardiogramoje stebimas S ir T dantelių pakilimas. Kai trombas nedidelis ir užtveria tik dalį kraujagyslės, susergama nestabilia krūtinės angina („priešinfarktine” būkle) arba negiliu širdies infarktu (be S ir T dantelių pakilimo elektrokardiogramoje). (http://ligos.sveikas.lt).

****

**1.8 pav.** Miokardo infarto su ST segmento pakilimu (A) ir be pakilimo (B) elektrokardiogramos. (<http://www.nottingham.ac.uk>)

* 1. **Omni 2 duomenų paketas**

OMNI 2 duomenų paketas buvo sukurtas 2003 metais, kaip tęsinys senesnės OMNI versijos, pirmą kartą sukurtos Nacionaliniame kosmoso mokslo duomenų centre (angl. National Space Science Data Center – NSSDC) 1970-ųjų viduryje (http://omniweb.gsfc.nasa.gov/html).

Kataloge OMNI 2 yra vidutinės valandinės vertės, tarplanetinio magnetinio lauko ir Saulės vėjo plazmos parametrai, išmatuoti įvairiais kosminiais laivais šalia Žemės orbitos, taip pat išmatuojamas geomagnetinis ir Saulės aktyvumas bei energijos protonų srautai.

Įvairių parametrų laikotarpiai yra periodiškai pratęsiami. Dokumentinis failas tinklalapyje <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/html/ow_data.html> suteikia informaciją apie dabartinio laikotarpio šių grupių: magnetinio lauko, plazmos, Kp indeso ir Saulės dėmių, AE, AL, AU indeksų, Dst indekso, energijos protonų srautų ir kitų indeksų parametrus. Duomenų spragos užpildytos fiktyviais skaičiais ten, kur trūksta valandų ar praleista visa diena, siekiant padaryti visus failus vienodo ilgio. Simbolis „9“ naudojamas užpildyti visus laukus, kur praleisti duomenys, atsižvelgiant į jų formatą. Šis katalogas apima du Jungtinių Amerikos Valstijų informacijos kodavimo standartų (angl. American Standard Code for Information Interchange – ASCII)failų tipus: OMNI2\_YYYY.DAT ir OMNI\_MYYYY.DAT, kur YYYY yra atitinkami metai. OMNI\_YYYY.DAT faile yra pagrindiniai duomenys tarplanetinio magnetinio lauko ir Saulės vėjo greičio vektorių, kurie pateikti GSE, o tarplanetinio magnetinio lauko dar GSM koordinačių sistemose. Pakeistas OMNI\_MYYYY.DAT failas buvo sukurtas iš šių failų ir pertvarkytas derinant su COHOWeb, tarplanetinis magnetinis laukas ir greičio vektoriai buvo transformuoti į RTN koordinačių sistemą naudojant algoritmus.

Dienos ir 27 dienų vidurkių failai: omni\_01\_av.dat, omni\_27\_av.dat ir omni\_m\_daily.dat. yra paskaičiuotos kiekvienos dienos ir 27 dienų vidutinės reikšmės visiems OMNI parametrams, OMNI2\_YYYY.dat failuose ir taip pat suskaičiuoti dienos vidurkiai iš OMNI\_MYYYY.dat failų. Šie vidurkių parametrai yra prieinami OMNIWeb ir anon/ftp tinklalapiuose. Buvo paskaičiuoti tik aritmetiniai vidurkiai, nėra logoritmuotų reikšmių. Jokie ribiniai slenksčiai mažesniems skalės balams nebuvo reikalingi.

Dienos vidurkiai buvo paimti iš OMNI pagrindinių valandinių verčių ir 27 dienų vidurkiai paskaičiuoti iš dienų vidurkių. Atitinkami standartiniai nukrypimai yra susiję tik su vidurkių skaičiavimu ir neapima didesnės raiškos duomenų pakitimų. Įrašų formatas dienos ir 27 dienų vidurkių yra toks pats, kaip ir valandinių duomenų, nors tam tikri laukai turi ypatingą reikšmę. Laiko simboliai (metai, diena, valanda) atitinka pirmos valandos vidurkį. Magnetinio lauko ir plazmos erdvėlaivių identifikavimui taikomi nuliai nuo tada, kai duomenis dažniau pradėta priimti iš keleto erdvėlaivių. Smulkių plazmoje vykstančių įvykių skaičius ir magnetinių laukų vidurkiai yra paskaičiuojami, kaip dienos vidurkis sudarytas iš valandinių verčių, arba kaip 27 dienų vidurkis sudarytas iš parų vidurkių. Tai atvejais, kai buvo tik vienas taškas, standartinis nuokrypis lygus nuliui. Kp indeksas naudojamas specialiai, nustačius paros ir 27 dienų vidurkius iš pagrindinių duomenų, tokių kaip 10 (1), 13 (1+), 17 (2-), 20 (2), vidurkiai buvo suapvalinti iki artimiausios Kp „standartinės vertės“ (t.y. 10, 13, 17, 20, ...). Tais atvejais, kai vidurkiai būna tiklsiai pačiam viduryje tarp reikšmių (pagal pavyzdį: 15), yra pasirenkama mažesnė standartinė vertė (šiuo atveju pasirenkama: 13) (<http://nssdcftp.gsfc.nasa.gov>).

**2. DARBO TIKSLAS, UŽDAVINIAI IR OBJEKTAS**

**Darbo tikslas**: įvertinti X klasės saulės žybsnių, geomagnetinio aktyvumo bei Saulės protonų lietaus poveikį stacionarizavimo dėl ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) (miokardo infarkto (MI) ir nestabilios krūtinės anginos (NKA)) rizikai skirtingose Saulės aktyvumo fazese.

**Uždaviniai:**

1. Išanalizuoti 2004-2012 m. heliofizikinių rodiklių charakteristikas.
2. Įvertinti stacionarizacijų dėl ŪKS ligonių skaičiaus paroje dinamiką priklausomai nuo sezono, mėnesio bei savaitės dienos.
3. Nustatyti galingų Saulės žybsnių (X klasės), GMA ir PL įtaką paros stacionarizacijų dėl MI ir NKA dažniui 2004-2006 ir 2010-2012 metų laikotarpiu.
4. Nustatyti kompleksinį heliofizikinių veiksnių poveikį staconarizacijoms dėl ūmių koronarinių sindromų (ŪKS).

**Objektas:** ligonių, stacionarizuotų dėl miokardo infarkto ir nestabilios krūtinės anginos 2004-2012 metais, skaičius paroje, X klasės žybsniai, Ap indeksai, protonų >10MeV energijos srautai.

1. **DARBO METODIKA**

Analizei naudoti 2004-2012 m. stacionarizuotų dėl ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) Lietuvos Sveikatos mokslų Universiteto Kardiologijos klinikoje ligonių skaičiaus per parą laiko sekos. Šie duomenys yra sukaupti LSMU Kardiologijos klinikos duomenų bazėje. MI klinikinė diagnozė koduojama, remiantis dešimtosios peržiūros tarptautinės ligų klasifikacijos (TLK) I21 kodu, o nestabilios krūtinės anginos – I20. Didžioji dalis pacientų buvo stacionarizuoti skubiai dėl ūmaus sveikatos pablogėjimo.

Geomagnetinis aktyvumas vertintas planetos paros geomagnetinio aktyvumo Ap indeksu (Campbell, 1997). Pagal Nacionalinės vandenynų ir atmosferos administracijos (NOAA) klasifikaciją, paros geomagnetinis laukas (GL) skirstomas į klases: ramus (Ap<8), permainingas (8≤Ap<16), aktyvus (16≤Ap<30), silpna audra (30≤Ap<50), stipri audra (50≤Ap). Protonų lietus (PL) nustatytas naudojant >10MeV protonų energijos duomenis, gautus GOES palydovais. X klasės Saulės žybsnių, protonų srautų (>10MeV) bei Ap duomenys imti iš NOAA duomenų bazės <ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/SOLAR_DATA/> bei <http://www.swpc.noaa.gov/ftpmenu/indices/old_indices>. X klasės žybsniai ir protonų lietus naudoti kaip dvinariai paros kintamieji (buvo, nebuvo), žybsnio momentas koreguotas pagal Lietuvos laiką. Taip pat naudotas dvinaris kintamasis – padidėjęs >10MeV protonų srautas (PS), kai >10MeV protonų vidutinis paros srautas viršijo 10 pfu; 1 pfu= 1 protonas/cm2-s-sr.

Heliofizikinės aplinkos poveikis stacionarizacijų dažniui tirtas atskirai Saulės aktyvumo mažėjimo (2004-2006 m.) ir didėjimo (2010-2012 m.) laikotarpiu. Kintamųjų palyginimui populiacijose naudotas Stjudento bei χ2 kriterijus, lentelėse pateikiama kriterijaus p reikšmė. Analizei naudota daugiaveiksnė Puasono regresija, standartizuojant pagal sezoniškumą bei fiktyvų savaitės dienos kintamąjį (savaitgalis ar švenčių diena). X klasės Saulės žybsnių, GMA, protonų lietaus bei PS įtaka vertinta standartizuota santykinė rizika (SR), referentinė kategorija binarinio kintamojo atveju „įvykio nėra“. SR patikimumui pateikti su 95% pasikliautinieji intervalai (95% PI) ir p reikšmė. Kadangi nepalankūs heliofizikiniai veiksniai gali sukelti sveikatos pablogėjimą ne tik įvykio metu, bet ir tolesnėmis dienomis, todėl buvo tiriama jų įtaka ir 1-3 paras po įvykio.

Darbe vertinta ir kompleksinė heliofizikinės aplinkos įtaka ŪKS: ŪKS rizika nustatyta šioms 9 parų kategorijoms: vykstant GA, kilusiai ne dėl Saulės vainiko išmetų, vykstant GA ar sąlygotai Saulės vainiko išmetų (PS), dvi dienos prieš GA pradžią (su PS ir be PS) ir dvi dienos po šių audrų; esant PS, nesukėlusiam GA bei įvykus X klasės Saulės žybsniui be anksčiau minėtų įvykių. Referentinė kategorija – likusios paros. Duomenų analizei naudotas SPSS statistinių programų paketas, 19 versija.

1. **REZULTATŲ ANALIZĖ IR APTARIMAS**

**4.1 Heliofizikinių rodiklių charakteristikos**

Geomagnetiniam aktyvumui įvertinti naudojami Ap indeksai. Ap dydis įvertina Saulės vėjo dalelių radiaciją pagal poveikį Žemės magnetiniam laukui bei įvertina elementariųjų dalelių srauto intensyvumą į Žemę. Kai 8≤Ap<16 – fiksuojamas permainingas geomagnetinis aktyvumas, kai 16≤Ap<30 – konstatuojamas aktyvus GMA, kai 30≤Ap<50 – konstatuojama silpna geomagnetinė audra (GMA), o kai Ap≥50 – stipri GMA. Kasmetinio paros geomagnetinio aktyvumo pasiskirstymas 2004-2012 m. laikotarpiu pateiktas 4.1 paveiksle.

* 1. **pav.** Geomagnetinis aktyvumas 2004-2012 metų laikotarpiu, (p<0,001)

Iš grafiko matome, jog nuo 2004 iki 2009 metų geomagnetinis aktyvumas (GMA) mažėjo, vis rečiau pasitaikydavo geomagnetinių silpnų (30≤Ap<50) ir stiprių (50≤Ap<100) audrų, o nuo 2010 iki 2012 metų jų vėl pradėjo daugėti. Su aktyviu (16≤Ap<30) bei permainingu (8≤Ap<16) GMA dienos buvo fiksuojamos visais tyrimo metais, tačiau jos taip pat atitinka Saulės aktyvumos mažėjimo, minimumo ir didėjimo laikotarpius. Magnetinių pėdsakų Saulės paviršiuje, kurie vadinami Saulės dėmėmis, stebėjimai dar XIX a. atskleidė, jog Saulei būdingi maždaug 11 metų aktyvumo ciklai. Vadinamojo Saulės maksimumo (aktyvumo piko) metu žvaigždė svaidosi žybsniais, pliūpsniais, plazmos šuorais. Atitinkamai Saulės minimumo metu tokio pobūdžio audringumas prislopsta. (<http://www.technologijos.lt>).

Saulės protonų lietūs (PL) – tai padidėjęs >10MeV protonų srautas (PS), kai >10MeV protonų vidutinis paros srautas viršijo 10 pfu; 1 pfu= 1 protonas/cm2-s-sr. PL duomenų charakteristikos pateiktos 4.2 ir 4.3 pav.

* 1. **pav.** Saulės protonų lietūs (PL) 2004-2012 metų laikotarpiu, (p<0,001)

2004-2012 metų laikotarpiu buvo užfiksuotos 63 dienos, kai vyko Saulės protonų lietūs (PL). Grafike puikiai atsispindi Saulės ciklo aktyvumo mažėjimo (2004-2006), minimumo (2007-2009) ir didėjimo (2010-2012) laikotarpiai. 2004-2006 buvo užregistruota 30 dienų, kai vyko PL, 2007-2009 nei vienos, o 2010-2012 metais – 33 dienos.

* 1. **pav.** Protonų srautai (PS) 2004-2012 metų laikotarpiu, (p<0,001)

Tyrimo laikotarpiu 93 paras buvo fiksuojami protonų srautai (PS). Saulės aktyvumo mažėjimo periodu, dienų, kai vyko PS buvo nustatyta 1,32 karto daugiau negu SA kilimo laikotarpiu, tuo tarpu SA minimum periodu (2007-2009 m.) PS įvykių neužfiksuota.

Saulės žybsniai pagal stiprumą yra klasifikuoti į 5 klases: >M1 (10-5Wm-2); >M5 (5\*10-5Wm-2); >X1 (10-4 Wm-2); >X10 (10-3Wm-2); >X20 (2\*10-3Wm-2). Jų charakteristikos pateiktos 4.4 paveiksle.

* 1. **pav.** Saulės žybsniai 2004-2012 metų laikotarpiu, (p<0,001)

Gauti rezultatai parodė, kad mažėjant Saulės aktyvumui taip pat mažėja ir dienų skaičius, kuomet vyksta Saulės žybsniai, o didėjant aktyvumui, didėja. Saulės aktyvumo mažėjimo laikotarpiu (2004-2006) buvo 93,1 %, o Saulės aktyvumo didėjimo laikotarpiu (2010-2012) 95,5 % daugiau dienų, kai vyko >M1 klasės žybsniai, lyginant su minimumo laikotarpiu (2007-2009). Saulės aktyvumo mažėjimo laikotarpiu 50 % daugiau įvyko >M5 ir >X1 klasės žybsnių, negu didėjimo periodu, taip pat įvyko vienas >X10 klasės žybsnis.

Galingiausi Saulės žybsniai nurodomi kaip X klasės. Per tyrimo laikotarpį, 2004-2012 metus, buvo nustatyta 40 dienų, kai vyko tokie žybsniai (4.5 pav.).

* 1. **pav.** Saulės žybsniai (X klasės) 2004-2012 metų laikotarpiu, (p<0,001)

Iš paveikslo matyti, kad daugiausiai X klasės žybsnių užfiksuota 2005 metais – 13 (3,6 %) dienų, o mažiausiai 2006 – 4 (1,2 %) dienos. Saulės minimumo laikotarpiu žybsnių neužregistruota nė vieno, tačiau nuo 2011 metų vėl fiksuojami galingi Saulės žybsniai, kas rodo, kad pradeda didėti Saulės aktyvumas.

**4.1 lentelė.** Geomagnetinio aktyvumo, parų su X klasės Saulės žybsnių, PL bei PS pasiskirstymas Saulės aktyvumo mažėjimo (2004-2006 m.) ir didėjimo (2010-2012 m.) laikotarpiais

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Kintamasis | 2004–2006  N (%) | 2010–2012  N (%) | p |
| Geomagnetinis laukas (GL) | | | |
| ramus | 542 (49,5) | 756 (69,0) | < 0,01 |
| permainingas | 317 (28,9) | 225 (20,5) |  |
| aktyvus | 170 (15,5) | 84 (7,7) |  |
| silpna GA | 42 (3,8) | 28 (2,6) |  |
| stipri GA | 25 (2,3) | 3 (0,3) |  |
| PL (paros) | 30 (2,7) | 33 (3,0) | > 0,5 |
| PL (skaičius) | 14 | 18 |  |
| PS | 53 (4,8) | 40 (3,6) | 0,168 |
| X klasės žybsnis | 26 (2,4) | 14 (1,3) | 0,056 |

Saulės aktyvumo (SA) kilimo laikotarpiu buvo silpnesmis GMA: ramus geomagnetinis laukas 2010-2012 m. laikotarpiu buvo 69% parų, tuo tarpu 2004-2006 m. laikotarpiu – 49,5% parų. Minėtais laikotarpiais buvo atitinkamai 14 ir 18 protonų lietų. Reikšmingo skirtumo tarp parų su PL, PS nenustatyta, tačiau 2004-2006 m. buvo daugiau X klasės Saulės žybsnių (p=0,056) (4.1 lentelė).

**4.2 Ūmių koronarinių sindromų (MI ir NKA) dažnių charakteristikos**

Siekiant nustatyti geomagnetinio aktyvumo, Saulės protonų lietaus, galingų Saulės žybsnių (X klasės) ir skubios hospitalizacijos dėl ūmių koronarinių sindromų ryšį, buvo analizuota 2004-2012 m. ligonių paros stacionarizacijos duomenys. Minėtu laikotarpiu Kauno Universitetinės ligoninės kardiologijos skyriuose dėl pirmojo miokardo infarkto (MI) buvo stacionarizuoti 8870 pacientai, o dėl nestabilios krūtinės anginos (NKA) – 11935 (4.5 pav.). 2004-2006 m. laikotarpiu dėl ŪKS stacionarizuoti 6588 ligoniai, vidutiniškai 6,01±0,1 ligonių per parą, 2010-2012 m. laikotarpiu – 7384, vidutiniškai 6,72±0,1 (reikšmingai daugiau) per parą. Reikšmingai mažiau ligonių (per parą) buvo stacionarizuota liepos-rugpjūčio mėn. (3,39±0,1) (4.8 pav.) bei savaitgaliais ir švenčių dienomis (5,62±0,2) (4.9 pav.).

**4.6 pav.** Ligonių stacionarizuotų dėl miokardo infarkto (MI) ir nestabilios krūtinės anginos (NKA) atskirai ir kartu (ūmių koronarinių sindromų – ŪKS) skaičius paroje (su 95 % PI)

2004-2012 metų laikotarpiu, 1,34 karto dažniau konstatuojama nestabili krūtinės angina (NKA) nei miokardo infarktas (MI). Taip pat iš grafiko (4.6 pav.) pastebima ūmių koronarinių sindromų atvejų augimo tendencija, kasmet vis daugiau žmonių konstatuojama MI ar NKA. Sergančių ūmiu MI pasaulyje daugėja. Tokių pacientų skaičius ypač auga ekonomiškai išsivysčiusiose pasaulio šalyse, tai lemia netinkama mityba, mažas fizinis krūvis, žalingi įpročiai ir kiti faktoriai. Iškelta hipotezė, kad tin­kama mityba sumažina riziką sirgti širdies ir kraujagyslių ligomis, sumažina mirštamumą nuo jų (Šerpytis ir kt., 2012).

Vidutinis stacionarizuotų ligonių skaičius per parą nežymiai priklausė nuo metų sezonų ir mėnesių. Nėra reikšmingų skirtumų sezonų ir mėnesių stacionarizacijose (4.7 ir 4.8 pav.).



**4.7 pav.** ŪKS, MI ir NKA priklausomybė nuo sezoniškumo.

Sezoniškumas didelės įtakos stacionarizacijos atvejams dėl ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) (miokardo infarto (MI) ir nestabilios krūtinės anginos (NKA) kartu ir atskirai) neturėjo. Šiek tiek mažesnis ligonių skaičius konstatuotas vasaros sezono metu (ŪKS – 5,8; MI – 2,43; NKA – 3,38), o kitais metų laikais ligonių stacionarizacijų atvejai skiriasi labai nežymiai. Senyvų žmonių kraujyje žiemą padaugėja serumo fibrinogeno, medžiagos, atsakingos už krešėjimą, kurios perteklius kraujyje padidina riziką susidaryti trombui (Dawson ir kt., 2009; Liukaitytė, 2011). Tačiau kiti autoriai teigia, jog tai labiau siejama su sezoniškumu (susirgimų pagausėja, kai vyksta intensyvi sezoninė kaita, pvz.: žiemiškus orus keičia pavasariui būdingi) nei su žema temperatūra (Van Der Bom ir kt., 1997; Spencer ir kt., 1998; Liukaitytė, 2011).



* 1. **pav.** Paros stacionarizuotų dėl ŪKS, MI ir NKA ligonių dinamika atskirais mėnesiais

Iš grafiko matyti, kad stacionarizacijų skaičius, visų ligų atvejams, mažesnis vasaros mėnesiais: liepą ir rugpjūtį. Tyrimo laikotarpiu (2004-2012) liepos mėnesiais konstatuota - 19,35 %, o rugpjūčio – 14,03 % mažiau ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) atvejų, negu sausio mėnesiais. Esant šaltam orui kraujagyslės susitraukia ir priverčia širdį dirbti didesniu tempu, kas gali provokuoti miokardo metabolizmo sutrikimus ir skatinti kardiopatijų progresavimą (Dawson ir kt., 2009;Šapoka, Molytė, 2012).

Analizuota paros ligonių stacionarizacijų dėl miokato infarkto (MI) ir nestabilios krūtinės anginos (NKA) kartu (ŪKS) ir atskrai skaičiaus priklausomybė nuo savaitės ir švenčių dienų. Gautų duomenų charakteristikos pateiktos 4.9 paveiksle.



* 1. **pav.** Stacionarizuotų ligonių dėl ŪKS, MI ir NKA skaičius savaitės dienomis (1- pirmadienis; 2 – antradienis; 3 – trečiadienis; 4 – ketvirtadienis; 5 – penktadienis; 6 – šeštadienis; 7 – sekmadienis; 8 – švenčių dienos, nesutampančios su šeštadieniais ir sekmadieniais)

Priėmimų skaičius dėl ŪKS (MI ir NKAkartu ir atskirai) darbo dienomis yra žymiai didesnis negu savaitgaliais ar švenčių dienomis. Šiuo atveju daugiausiai pacientų priimama pirmadienis (8,47), o mažiausiai – švenčių dienomis (3,10). Pastebėta, kad darbo dienomis miokardo infarktų ir nestabilios krūtinės anginos stacionarizacijų skaičius beveik nekinta. Tačiau staiga sumažėja išeiginėmis (šeštadienį, sekmadienį) ir švenčių dienomis MI – 41 % , o NKA – 69 %. Iškelta hipotezė, kad tomis dienomis sumažėja antropogeninės kilmės magnetiniai laukai. Darbo dienomis, autorių nuomone, dėl intensyvesnio elektrifikuoto transporto atsiranda papildomi magnetiniai laukai (Villoresi ir kt., 1998; Usovaitė, 2005).

**4.3 Heliofizikinių rodiklių ir ūmių koronarinių sindromų (MI ir NKA) ryšys**

Iš gautų analizės rezultatų nustatytas ryšį tarp heliofizikinių rodiklių (geomagnetinės audros (GA) ir Saulės protonų lietaus (PL)) ir skubios hospitalizacijos pokyčių dėl ūmių koronarinių sindromų, t.y., miokardo infarkto (MI) ir nestabilios krūtinės anginos (NKA) kartu ir atskirai, atsižvelgiant į skirtingas Saulės aktyvumo fazes (4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 ir 4.15 pav.).



**4.10 pav.** Ryšys tarp geomagnetinių audrų (GA) ir skubios stacionarizacijos dėl ŪKS, Saulės aktyvumo mažėjimo, minimumo ir aktyvumo didėjimo laikotarpiais

Saulės aktyvumo mažėjimo periodu, 2004-2006 metais, reikšmingų skirtumų nekonstatuota. Minimumo laikotarpiu (2007-2009) pastebėta, kad skubių stacionarizacijų skaičius dėl ūmių koronarinių sindromų, trečią – ketvirtą parą po geomagnetinės audros (GA), padidėja 1,58 karto (p=0,010), lyginant su kitomis paromis. O Saulės aktyvumo didėjimo periodu, 2010-2012 metais, stacionarizuotų paros ligonių skaičius padidėja vieną (10,5 %), dvi paras (21,7 %) po geomagnetinės audros (p=0,002), lyginant su kitomis paromis. Geomagnetizmo poveikio pasekmės paprastai pasireiškia per kelias paras, nes žmonių organizmų reakcijoms būdingas „inertiškumas“ (Pozdniakov, Styro, 2011).

****

**4.11 pav.** Ryšys tarp geomagnetinės audros ir skubios stacionarizacijos dėl MI, Saulės aktyvumo mažėjimo, minimumo ir aktyvumo didėjimo laikotarpiais

2004-2006 metų (Saulės aktyvumo mažėjimo) laikotarpiu nekonstatuotas reikšmingas ryšys tarp miokardo infarkto (MI) ir geomagnetinių audrų (GA). Tačiau pastebima, kad 2007-2009 metų (Saulės minimumo) periodu šiek tiek padaugėja stacionarizacijų dėl MI tą pačią dieną, kai vyksta geomagnetinė audra, o tris, keturias paras po GA ligonių skaičius išauga 22,5 %, lyginant su para, kai įvyksta geomagnetinė audra. Reikšmingas (p=0,041) ryšys tarp MI ir GA konstatuotas Saulės aktyvumo kilimo (2010-2012 m.) laikotarpiu, stacionaricacijų paros vidurkiai kito atitinkamai: GA parą – 3,23, parą po GA - 3,26, ir dvi paras po – vidurkis 3,61, t.y po GA, paroje stacionarizuotų ligonių skaičiaus vidurkiai išauga, o trečią – ketvirtą (2,96) – sumažėja, lyginant su paromis, kai GA nefiksuojama (2,84).



**4.12 pav.** Ryšys tarp geomagnetinės audros (GA) ir skubios stacionarizacijos dėl NKA, Saulės aktyvumo mažėjimo, minimumo ir aktyvumo didėjimo laikotarpiais

Saulės aktyvumo didėjimo (2010-2012 m.) laikotarpiu konstatuota, kad dvi paras po GA ligonių stacionarizuotų dėl NKA skaičiaus vidurkis (5,13) reikšmingai padidėjo (p=0,010), lyginant su kitomis dienomis (3,95). Tuo tarpu Saulės minimumo laikotarpiu, 2007-2009 metais, tris-keturias paras po geomagnetinės audros stebimas stacionarizacijų skaičiaus padidėjimas, rizika dėl ūmių koronarinių sindromų išauga 36,5 %, lyginant su kitomis paromis. O Saulės aktyvumo mažėjimo laikotarpiu (2004-2006 m.) labai nežymus padidėjimas nustatytas dvi paras po geomagnetinės audros.



**4.13 pav.** Ryšys tarp Saulės protonų lietaus (PL) ir skubios stacionarizacijos dėl ŪKS, Saulės aktyvumo mažėjimo ir didėjimo laikotarpiais

Saulės aktyvumo mažėjimo periodu (2004-2006 m.) vieną parą ir dvi paras po protonų lietų (PL) konstatuotas reikšmingas ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) padažnėjimas, paros ligonių stacionarizuotų dėl ŪKS skaičius parą po PL išauga 15,6 % (p=0,035), o dvi paras po PL – 18,3 % (p=0,012), lyginant su kitomis paromis. O Saulės aktyvumo kilimo laikotarpiu, 2010-2012 metais, stacionarizacijų rizika dėl ūmių koronarinių sindromų tris paras po PL išauga 21 %, lyginant su kitomis paromis (p=0,002).



**4.14 pav.** Ryšys tarp Saulės protonų lietaus ir skubios stacionarizacijos dėl MI, Saulės aktyvumo mažėjimo ir didėjimo laikotarpiais

2004-2006 metų (Saulės aktyvumo mažėjimo) laikotarpiu stebimas MI padažnėjimas 1-2 paras po Saulės protonų lietaus (PL). Skubios stacionarizacijos dėl miokardo infarkto paros vidurkiai kito atitinkamai: PL parą – 3,13, parą po vidurkis 3,33, (p=0,028), ir antrą parą po – vidurkis 3,4, (p=0,018), t.y po PL paroje stacionarizuotų ligonių skaičiaus vidurkiai išauga, o trečią (2,9) ir ketvirtą (2,13) – sumažėja, lyginant su paromis, kai PL nefiksuojami (2,62). 2010-2012 metų (Saulės aktyvumo kilimo) periodu nustatytas reikšmingas ryšys (p=0,002) tik trečią parą po Saulės protonų lietaus – 23,3 %, lyginant su dienomis, kai Saulės protonų lietų nekonstatuota.



**4.15 pav.** Ryšys tarp Saulės protonų lietaus ir skubios stacionarizacijos dėl NKA, Saulės aktyvumo mažėjimo ir didėjimo laikotarpiais

Saulės aktyvumo mažėjimo (2004-2006) laikotarpiu nenustatytas reikšmingas ryšys tarp Saulės protonų lietų (PL) ir nestabilios krūtinės anginos (NKA). Šiuo laikotarpiu daugiausiai ligonių stacionarizuojama dvi paras po PL, vidutiniškai 4,07. O 2010-2012 metai tris paras po Saulės protonų lietaus vidutiniškai stacionarizuota 4,91 pacientai su nestabilia krūtinės angina, o dienomis, kai nefiksuoti PL – 3,89 (p=0,029).

**4.2 lentelė.** GMA, X klasės Saulės žybsnių, PL bei PS poveikis stacionarizacijai dėl ŪKS kontroliuojant savaitės dienų ir sezoniškumo įtaką

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Heliofizikinis rodiklis | 2004-2006 m.  SR(95% PI) | 2010-2012 m.  SR(95% PI) |
| X klasės 1\*  žybsnis 2  3  4 | 1,08(0,92-1,26)  1,19(1,02-1,38)  1,17(1,00-1,38)  1,11(0,95-1,29)◊ | 0,86(0,69-1,08)◊  0,99(0,80-1,24)  1,26(1,04-1,52)  1,17(0,96-1,43)◊ |
| PL 1  2  3  4 | 1,18(1,03-1,35)  1,26(1,11-1,45)  1,03(0,89-1,19)  0,93(0,80-1,08) | 0,95(0,83-1,10)  1,02(0,90-1,17)  1,23(1,10-1,39  1,14(1,00-1,29) |
| PS 0  1  2 | 1,09(0,98-1,22)◊  1,14(1,03-1,27)  1,16(1,04-1,29) | 1,02(0,90-1,15)  0,99(0,88-1,12)  1,05(0,93-1,19) |
| GA (Ap≥30) 0  1  2 | 0,98(0,89-1,09)  1,03(0,97-1,09)  1,03(0,94-1,14) | 1,06(0,92-1,21)  1,12(1,04-1,20)  1,19(1,06-1,35) |
| Ap≥16 0  1  2 | 1,02(0,96-1,08)  1,03(0,97-1,09)  1,06(1,00-1,13)◊ | 1,09(1,02-1,17)  1,12(1,04-1,20)  1,10(1,02-1,18) |

\* para po įvykio; ◊ p<0,2

Analizuojant atskirų heliofizikinių rodiklių įtaką, konstatuotas reikšmingas stacionarizavimo dėl ŪKS rizikos padidėjimas po X klasės Saulės žybsnio: Saulės aktyvumo (SA) mažėjimo laikotarpiu antrą-trečią parą po žybsnio, o SA kilimo laikotarpiu – trečią-ketvirtą parą po žybsnio. ŪKS rizika padidėja po protonų lietų (PL) ir protonų srautų (PS) pirmą-antrą parą 2004-2006 m., ir trečią-ketvirtą parą po PL 2010-2012 m. laikotarpiu. Padidėjęs GMA stipresnį neigiamą poveikį ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) rizikai daro Saulės aktyvumo kilimo laikotarpiu: antrą parą po geomagnetinės audros (GA) rizika padidėja 19% (SR=1,19 95% PI 1,06-1,35), parą po aktyvaus-audringo geomagnetinio lauko (GL) – 12% (SR=1,12 95% PI 1,04-1,20). Palyginimui, 2004-2006 m. antrą parą po aktyvaus-audringo GL rizika padidėja tik 6% (SR=1,06 95% PI 1,00-1,13).

Iš gautų analizės rezultatų nustatėme ryšį tarp galingų Saulės (X klasės) žybsnių ir skubios hospitalizacijos pokyčių dėl ūmių koronarinių sindromų (miokardo infarkto (MI) ir nestabilios krūtinės anginos (NKA)), atsižvelgiant į Saulės aktyvumo mažėjimo ir didėjimo periodus (4.3 lentelė).

**4.3 lentelė.** Ryšys tarp galingų Saulės žybsnių (X klasės) ir skubios stacionarizacijos dėl MI, NKA ir ŪKS Saulės aktyvumo mažėjimo (2004-2006) ir didėjimo (2010-2012) laikotarpiais.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Metai** | **X klasės žybsnis** | **Stacionarizacijų vidurkiai** | **p-reikšmė**  **(Sig. 2-tailed)** |
| 2004-2006 | MI nebuvo žybsnio  para kai vyko žybsnis  1 para po žybsnio  2 paros po žybsnio | 2,63 |  |
| 2,77 | 0.695 |
| 3,27 | **0.063** |
| 3,38 | **0.028** |
| NKA nebuvo žybsnio  para kai vyko žybsnis  1 para po žybsnio  2 paros po žybsnio | 3,39 |  |
| 2,81 | 0.218 |
| 3,85 | 0.309 |
| 3,12 | 0.564 |
| ŪKS nebuvo žybsnio  para kai vyko žybsnis  1 para po žybsnio  2 paros po žybsnio | 6,02 |  |
| 5,58 | 0.486 |
| 7,12 | **0.077** |
| 6,50 | 0.440 |
| 2010-2012 | MI nebuvo žybsnio  para kai vyko žybsnis  1 para po žybsnio  2 paros po žybsnio | 2,84 |  |
| 3,07 | 0.637 |
| 2,86 | 0.975 |
| 2,64 | 0.680 |
| NKA nebuvo žybsnio  para kai vyko žybsnis  1 para po žybsnio  2 paros po žybsnio | 3,85 |  |
| 5,50 | **0.025** |
| 3,14 | 0.312 |
| 3,50 | 0.605 |
| ŪKS nebuvo žybsnio  para kai vyko žybsnis  1 para po žybsnio  2 paros po žybsnio | 6,69 |  |
| 8,57 | **0.052** |
| 6,00 | 0.451 |
| 6,14 | 0.547 |

Nustatyta, kad Saulės aktyvumo mažėjimo periodu, 2004-2006 metais, ryšys tarp skubios hospitalizacijos dėl miokardo infarkto ir X klasės žybsnių yra reikšmingas vieną (2 Sig. p=0,063) ir dvi (2 Sig. p=0,028) paras po Saulės įvykio. Vieną parą po galingo žybsnio stacionarizacijų skaičius yra 1,24 karto didesnis, o dvi paras po žybsnio skaičius yra 1,29 karto didesnis, lyginant su dienomis, kai žybsniai nefiksuojami. Ryšys tarp nestabilios krūtinės anginos (NKA) ir galingų Saulės žybsnių nekonstatuojamas Saulės aktyvumo mažėjimo periodu. Reikšmingas ryšys nustatytas tarp X klasės žybsnio ir ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) tik vieną parą po žybsnio (2 Sig. p=0,077). Stacionarizacijų skaičius dėl ŪKS iššauga 18 % lyginant su dienomis, kai žybsnio nebuvo.

2010-2012 metų laikotarpiu ryšys tarp MI ir galingų žybsnių nekonstatuojamas. Nustatytas reikšmingas ryšys tarp X klasės žybsnių ir NKA (2 Sig. p=0,025), taip pat tarp žybsnių ir ūmių koronarinių sindromų (2 Sig. p=0,052) tą pačią parą kai vyko Saulės žybsnis. Stacionarizacijų skaičius dėl nestabilio krūtinės anginos iššauga 1,43 karto lyginant su dienomis, kai žybsniai nefiksuoti. Tą pačią dieną, kai nustatytas X klasės žybsnis, stacionarizacijų skaičius dėl ŪKS yra 28 % didesnis, negu dienomis, kai žybsniai nevyko.

**4.4 Kompleksinis heliofizikinių veiksnių poveikis stacionarizacijai dėl ŪKS**

Siekiant nustatyti kompleksinį heliofizikinių veiksnių poveikį stacionarizacijai dėl ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) buvo analizuota 2004-2006 m. ir 2010-2012 m. laikotarpių ligonių paros stacionarizacijų duomenys.

**4.4 lentelė.** Kompleksinis heliofizikinių veiksnių poveikis stacionarizacijai dėl ŪKS kontroliuojant savaitės dienų ir sezoniškumo įtaką

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| GA | N | 2004-2006 m.  SR(95% PI) | N | 2010-2012 m.  SR(95% PI) |
| GA, kilusi ne dėl Saulės vainiko išmetų | | | | |
| Prieš  GA  Po | 55  43  55 | 1,16(1,04-1,28)  0,94(0,82-1,07)  0,96(0,86-1,08) | 25  17  26 | 0,89(0,76-1,06)  1,14(0,95-1,37)  1,15(1,01-1,31) |
| GA sąlygota Saulės vainiko išmetų | | | | |
| Prieš1  Prieš2  GA  Po | 6  8  24  17 | 1,17(0,84-1,62)  1,10(0,84-1,62)  1,09(0,93-1,28)  1,23(1,03-1,45) | 4  12  14  22 | 0,88(0,59-1,32)  0,99(0,78-1,27)  0,98(0,80-1,20)  1,17(1,01-1,37) |
| PS\*  X\*\* | 18  9 | 0,97(0,80-1,19)  0,91(0,68-1,22) | 14  6 | 1,12(0,93-1,35)  1,28(0,98-1,66) |
| Prieš GA (2paras)  GA metu  Po GA (2 paras)  PS\* ar X\*\* | | 1,15(1,05-1,26)  1,00(0,90-1,11)  1,03(0,93-1,13)  0,95(0,81-1,12) |  | 0,92(0,80-1,05)  1,06(0,92-1,21)  1,17(1,05-1,29)  1,17(1,00-1,36) |

1 be PS; 2 su PS; \* nesukėlęs GA, \*\* X klasės žybsnis, nesukėlęs GA

Analizuojant kompleksinį heliofizikinių veiksnių poveikį, nustatyta, kad 2004-2006 m. 2 paras prieš GA stacionarizavimo dėl ŪKS rizika padidėja 15% (SR=1,15 95% PI 1,05-1,26), tuo tarpu 2010-2012 m. laikotarpiu 1-2 paros laikotarpiu prieš GA atsiradimą rizika mažesnė už 1, nepriklausomai nuo GA atsiradimo priežasties. 2010-2012 m. laikotarpiu 2 paras po GA ŪKS rizika padidėja 17% (SR= 1,17 95% PI 1,05-1,29); rizikos reikšmingas padidėjimas stebėtas nepriklausomai nuo GA sukėlusios priežasties. Šiuo laikotarpiu X klasės žybsnis ar PS, nesukėlę GA, didina stacionarizavimo dėl ŪKS riziką 1,17 karto, tuo tarpu 2004-2006 m. šie įvykiai rizikos padidėjimo nesukėlė.

Remiantis tyrimo rezultatais galima konstatuoti, kad SA mažėjimo laikotarpiu padidėja stacionarizavimo dėl ŪKS rizika 1-2 paras prieš GA, nepriklausomai nuo GA sukėlusios priežasties, o SA kilimo laikotarpiu rizikos padidėjimo prieš GA nėra. Poveikis žmogui 1-2 dienas prieš GA stebimas ypač SA mažėjimo laikotarpiu (Gurfinkel ir kt., 1995; Gurfinkel’ ir kt., 1998). Šis reiškinys aiškintinas staigiu Saulės vėjo tankio padidėjimu (Zenchenko, 2011).

SA kilimo laikotarpiu, konstatuotas stipresnis padidėjusio GMA poveikis stacionarizavimo dėl ŪKS rizikai nei SA mažėjimo laikotarpiu. Šiuo laikotarpiu nusatyta 17% padidėjusi ŪKS rizika dienomis, kai vyko X klasės saulės žybsnis ar PS, nesukėlę GA; tuo tarpu momentinio minėtų veiksnių poveikio nebuvo 2004-2006 m. Tai aiškintina tuo, kad po SA maksimumo (2001-2003 m.) žmonės jau buvo adaptavęsi prie didesnio GMA ir kitų aktyvios Saulės reiškinių, o po 3 metus trukusio ramaus periodo GA bei kitas aktyvumas sukėlė didesnį stresą, dėl ko ir padidėjo ŪKS rizika.

Abiem tirtais laikotarpiais nustatytas reikšmingas ŪKS rizikos padidėjimas po GA, vykusių kartu su PS; tokio audros turėjo stipresnį poveikį nei GA, vykusios ne dėl PS, ypač SA mažėjimo laikotarpiu. Tai, kad GA, sąlygotos Saulės vainiko išmetų, kelia didesnę MI riziką, konstatavo ir kiti autoriai (Dimitrova ir kt., 2009). Taip pat PS poveikį galima aiškinti jo poveikiu jonosferos tankiui, atmosferos slėgio dinamikai bei ciklonų sustiprėjimui (Veretenenko, Theil, 2008).

Fiziologinis heliofizikinės aplinkos poveikis žmogui siejamas su Šumano rezonansu (ŠR) (Cherry, 2002), remiantis tuo, kad pirmųjų ŠR dedamųjų dažniai (7,8; 14,2 Hz) artimi žmogaus encefelagramos teta ir alfa dedamųjų svyravimų dažniams (teta ­– 4-8; alfa – 8-13 Hz). GA poveikis siejamas su melatonino koncentracijos sumažėjimo (Burch ir kt., 1999; Weydahl ir kt., 2001), taip pat su poveikiu atmosferos slėgio svyravimams (Mikhailova, Smirnov, 2011). Kai kurie autoriai (Kleimenova ir kt., 2007) teigia, kad sustiprėjusios 2-5 Hz geomagnetinės pulsacijos (Pc1) yra galimas MI rizikos veiksnys, kadangi jų dažnis artimas žmogaus širdies ritmui. Mažiau 5 Hz geomagnetinės pulsacijos sustiprėja prieš ir po GA, todėl tikėtina, kad ir dėl jų stebėtas ŪKS rizikos padidėjimas prieš ir po geomagnetinių audrų.

**IŠVADOS**

1. Gauti rezultatai leidžia daryti išvadą, kad heliofizikinių faktorių poveikis žmogui nėra vienodas skirtingose Saulės aktyvumo (SA) fazėse. SA kilimo laikotarpiu stacionarizacijų, dėl nestabilios krūtinės anginos (NKA), skaičius parą, kai vyksta X klasės žybsniai išauga 1,43 karto (p=0,025). Taip pat šiuo laikotarpiu konstatuota, kad antrą parą po geomagnetinės audros (GA) ligonių stacionarizuotų dėl NKA skaičiaus vidurkis (5,13) reikšmingai padidėja (p=0,01), lyginant su kitomis dienomis (3,95). Tris paras po protonų lietaus (PL), SA kilimo laikotarpiu, vidutiniškai stacionarizuota 4,91 pacientai su NKA, o dienomis, kai nefiksuoti PL – 3,89 (p=0,029).
2. SA mažėjimo laikotarpiu skubios stacionarizacijos dėl miokardo infarkto (MI) paros vidurkiai kito atitinkamai: PL parą – 3,13, parą po - 3,33, (p=0,028), ir antrą parą po – vidurkis 3,4 (p=0.018), t.y po PL, paroje stacionarizuotų ligonių skaičiaus vidurkiai išauga, o trečią (2,9) ir ketvirtą (2,13) – sumažėja, lyginant su paromis, kai PL nefiksuojami (2,62). Šiuo periodu taip pat parą po X klasės žybsnio stacionarizacijų skaičius dėl MI išauga 1,24 karto (2 Sig.p=0,063), o dvi paras po X žybsnio - 1,29 karto (2 Sig. p=0,028). Tuo tarpu SA kilimo laikotarpiu konstatuotas reikšmingas (p=0,041) ryšys tarp MI ir GA, įvykio parą ir 1-2 paras po GA, paroje stacionarizuotų ligonių skaičiaus vidurkiai išauga, o 3-4 paras po – sumažėja, lyginant su paromis, kai GA nefiksuojama. Šiuo periodu nustatytas reikšmingas ryšys (p=0,002) ir tarp MI ir PL, tris paras po įvykio, rizika išauga 23,3 %, lyginant su paromis, kai PL nefiksuojami.
3. Analizuojant atskirų heliofizikinių rodiklių įtaką, SA mažėjimo laikotarpiu tik parą po X klasės žybsnio stacionarizacijų skaičius dėl ŪKS iššauga 18 % (2 Sig. p=0,077), lyginant su dienomis, kai žybsnio nebuvo. SA kilimo laikotarpiu parą, kai fiksuotas X klasės žybsnis stacionarizacijų skaičius dėl ŪKS, yra 28 % didesnis (2 Sig. p=0,052), negu dienomis, kai žybsniai nevyko. SA kilimo laikotarpiu, antrą parą po GA rizika dėl ūmių koronarinių sindromų (ŪKS) padidėja 19% (SR=1,19 95% PI 1,06-1,35), parą po aktyvaus-audringo geomagnetinio lauko (GL) – 12% (SR=1,12 95% PI 1,04-1,20).
4. Analizuojant kompleksinį heliofizikinių veiksnių poveikį nustatyta, kad SA mažėjimo laikotarpiu, 2 paras prieš GA stacionarizavimo dėl ŪKS, rizika padidėja 15% (SR=1,15 95% PI 1,05-1,26), tuo tarpu SA kilimo laikotarpiu, 1-2 paros laikotarpiu prieš GA atsiradimą, rizika mažesnė už 1, nepriklausomai nuo GA atsiradimo priežasties. 2010-2012 m. laikotarpiu 2 paras po GA ūmių koronarinių sindromų rizika padidėja 17% (SR= 1,17 95% PI 1,05-1,27).

Magistrinio darbo tematika skaitytas pranešimas tarptautinėje mokslinėje-profesinėje konferencijoje „Žmogus ir gamtos sauga“. Taip pat dalis gautų rezultatų publikuoti konferencijos medžiagoje. **Venclovienė J., Raulonytė A., Stašionytė J., Bartusevičiūtė R.** 2013. Heliofizikinių sąlygų ir skubios hospitalizacijos dėl ūmių koronarinių sindromų ryšys skirtingose Saulės aktymumo fazėse. *Žmogus ir gamtos sauga*. p. 152-155

**LITERATŪRA:**

1. **Ažusienis A., Juška A., Kakaras G.** 1977. *Astrofizika*. Mokymo priemonė mokytojams. Kaunas: Šviesa, 218 p.
2. **Ažusienis A., Pučinskas A., Straižys S.** 2003. *Astronomija*. Vilnius: Kultūra. 606 p.
3. **Babayev E.S., Allahverdiyeva A. A.** 2007. Effects of geomagnetic activity variations on the physiological and psychological state of functionally healthy humans: Some results of Azerbaijani studies. *Advances in Space Research:* 40, p. 1941–1951
4. **Baumgaertner A. J. G., Jöckel P.**, **Riede H., Stiller G., ir Funke B.** 2010. Energetic particle precipitation in ECHAM5/MESSy – Part 2: Solar proton events. *Atmos. Chem. Phys.* (10), p. 7285–7302
5. **Borovsky J. E., Denton M. H.** 2007. Difference between CME-driven storms and CIR-driven storms. J Geophys Res, 111 (A7), Cite ID A07S08
6. **Borrini G., Gosling J.T., Bame S.J., Feldman W.C.** 1982. Helium abundance enhancements in the solar wind. *Journal of Geophysical Research*, 87: p. 7370–7378
7. **Breus T.** **K., Baevskii R. M., Chemikova A. G.** 2012. Effects of geomagnetic disturbances on humans functional state in space flight. *J Biomed Sci Enineering*, 5, p. 341-355
8. **Burch J. B., Reif J. S., Yost M. G.** 1999. Geomagnetic disturbances are associated with reduced nocturnal excretion of melatonin metabolite in humans. *Neurosci Lett*; 266, p. 209–212
9. **Burlaga L., Sittler E., Mariani F., Schwenn R.** 1981. Magnetic loop behind an interplanetary shock: Voyager, HELIOS and IMP-8 observations. *Journal of Geophysical Research*, 86: p. 6673
10. **Campbell, W.H.** 1997: "Introduction to Geomagnetic Fields". Publ. Cambridge University Press, Cambridge, U.K
11. **Cherry N.J.** 2002. Schumann Resonances, a plausible biophysical mechanism for the human health effects of solar/geomagnetic activity. *Nat Hazards*, 26(3), p. 279–331
12. **Cornelissen G., Halberg F., Breus T.K.** 2002. Non-photic solar associations of heart rate variability and myocardial infarction. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics:* 64, p. 707–720
13. **Dawson J., Quinn T. Walters M. R.** 2009. Under the weather with stroke; more data emerge. *International Journal of stroke*. 4 (1): p.19-20
14. **Dimitrova S.** 2006. Relationship between human physiological parameters and geomagnetic variations of solar origin. *Advances in Space Research:* 37, p. 1251–1257
15. **Dimitrova S., Stoilova I**. 2002. Human physiological reaction to geomagnetic disturbances of solar origin, in: Wilson, A. (Ed.), Proceedings of the 10th European Solar Physics Meeting Solar Variability: From Core to Outer Frontiers (ESA SP-506 Vol. 1). ESA Publications Division, Noordwijk, The Netherlands, p. 129–132
16. **Dimitrova S., Stoilova I**. 2003. Planetary geomagnetic indices, human physiology and subjective complaints. *Journal of the Balkan Geophysical Society:* 6 (1), p. 37–45
17. **Dimitrova S., Stoilova I., Taseva T., Jordanova M., Maslarov D.** 2009. Solar and geomagnetic activity and acute myocardial infarction morbidity and mortality. *Fundam Space Res*, p. 161-165
18. **Dorman L. I., Ptitsyna N. G., Villoresi G., Kasinsky V. V., Lyakhov N. N., Tyasto M. I.** 2008. Space storms as natural hazards. *Adv. Geosci*., 14, p. 271–275
19. **Dubietis A., Balčiūnas R.** 2006. Pašvaistės Lietuvos padangėje. *Mokslas ir gyvenimas*. Nr.9. p. 26-37
20. **Forbush S. E.** 1946. Three unusual cosmic-ray increases possibly due to charged particles from the Sun. *Phys. Rev.,* 70: p. 771-772
21. **Galvin A. B., Ipavich F. M., Gloeckler G., ir kt.** 1987. Solar wind iron charge states preceding a driver plasma. *Journal of Geophysical Research,* 92: p. 12069–12081
22. **Ghione S., Mezzasalma L., Del Seppia C., Papi F.** 1998. Do geomagnetic disturbances of solar origin affect arterial blood pressure? J Hum Hypertens, 12(11), p. 749-754
23. **Gonzalez W.** **D., Echer E., Clua-Gonzalez A. L., Tsurutani B. T.** 2006. Interplanetary origin of intense geomagnetic storms (Dst < -100 nT) during solar cycle 23. *Geophysical Research Letters,* 2006, 34(6), Cite IDL06101
24. **Gosling J. T.** 1990. Coronal mass ejections and magnetic flux ropes in interplanetary space, in: Physics of Magnetic Flux Ropes. *American Geophysical Union*, p. 343–364
25. **Gražulevičienė R.** 2002. *Žmogaus ekologija*. Vadovėlis aukštosioms mokykloms. Kaunas: VDU leidykla. 192 p.
26. **Gurfinkel Yu. I., Lyubimov V. V., Orajevskii V. N., Parfenova L. M., Iur’ev A. S.** 1995.The effect of geomagnetic disturbances in capillary blood flow in ischemic heart disease patients. *Biophysics,* 40(4), p. 793-799
27. **Gurfinkel’ I.I., Kuleshova V.P., Oraevskii V.N.** 1998. Assessment of the effect of a geomagnetic storm on the frequency of appearance of acute cardiovascular pathology. *Journal of Biophysics:* 43 (4), p. 654–658
28. **Howard T. A**. 2011. Three-dimensional reconstruction of coronal mass ejections using heliospheric imager data. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics,* 73: p. 1242–1253
29. **Jackman C. H., McPeters R. D.** 2004. Solar Variability and its Effects on Climate, Geophysical Monograph, chap.: The Effect of Solar Proton Events on Ozone and Other Constituents. *American Geophysical Union*, 141: p. 305–319
30. **Jacobs C., Poedts S.** 2011. Models for coronal mass ejections. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 73: p. 1148–1155
31. **Kalindra R.** 2000. *Astronomija*. Žinynas. Kaunas: Šviesa 2000. 94 p.
32. **Katsavrias Ch., Preka-Papadema P., Moussas X., ir kt.** 2013. Helio-geomagnetic influence in cardiological cases *Adv Space Res,* 51, p. 96-106.
33. **Kleimenova N. G., Kozyreva O.v.** 2007.Rapoport S.I. *Pc*1 Geomagnetic Pulsations as a Potential Hazard of the Myocardial Infarction. *J Atmos Sol Terr Phys* ,2007, 69(14), 1759–1764
34. **Lindsay G.M., Luhmann J.G., Russell C.T., Gosling J.T.** 1999. Relationships between coronal mass ejection speeds from coronagraph images and interplanetary characteristics of associated interplanetary coronal mass ejections. *Journal of Geophysical Research*, 104: p. 12515–12524
35. **Liukaitytė J.** 2011. Biometeorologinių sąlygų Lietuvoje kiekybinis vertinimas. Daktaro disertacija. Fiziniai mokslai, geografija (06P). 168 p.
36. **Lugaz N., Roussev I.I.** 2011. Numerical modeling of interplanetary coronal mass ejections and comparison with heliospheric images. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics,* 73: p. 1187–1200
37. **Mikhailova G. A., Smirnov S.E.** 2011.Effect of geomagnetic disturbances in the Near Earth’s atmosphere and possible biophysical mechanism of their influence on the human cardiovascular system. *Atmospheric and Oceanic Physics,* 47(7), p. 805-818
38. **Mitsakou E., Babasidis G., Moussas X.** 2009. Interplanetary coronal mass ejections during the descending cycle 23: Sheath and ejecta properties comparison. *Advances in Space Research,* 43: p. 495–498
39. **Molinski, T. S.,** ir kt. 2000. Shielding Grids from Solar Storms, *IEEE Spectrum*, November.
40. **Palmer S., Rycroft M., Cermack M.** 2006.Solar and geomagnetic activity, extremely low frequency magnetic and electric fields and human health at the Earth's surface. *Surv Geogphys*, 27, p. 557-595.
41. **Pozdniakov D., Styro D.** 2011. Kietosios kosminės spinduliuotės srauto variacijų prognozuojant susirgimų paūmėjimus Vilniaus mieste taikymas. Aplinkos apsaugos inžinerija. p. 126 – 132.
42. **Shumilov O.I., Kasatkina E.A., Enykeev A.V., Chramov, A.V.** 2003. Study of geomagnetic activity influence on a fetal state using cardiotocography. *Journal of Biophysics*: 48 (2), p. 355–360
43. **Spencer F.A., Goldberg R.J., Becker R.C., Gore J.M.** 1998. Seasonal distribution of acute myocardial infarction in the second National Registry of Myocardial Infarction. *Journal of the American College of Cardiology Foundation*, 31: p. 1226-1233
44. **Stoupel E.** 1999. Effect of geomagnetic activity on cardiovascular parameters. *J Clin Basic Cardiol*, 2, p. 34 – 40
45. **Šapoka V., Molytė I.** 2012.Ūminių išeminių sindromų išsivystymo bei lėtinių sindromų paūmėjimo ryšys su meteorologinėmis sąlygomis. *Gerontologija*, 13(4): p. 221–227
46. **Šerpytis P., Gurevičius R., Gaidelytė R., Žebrauskaitė A., Žvironaitė V., Berūkštis E., Kačiukinas D.** 2012. Hospitalinis sergamumas miokardo infartu ir letalumas nuo jo ligoninėse 2001-2011 metais Lietuvoje. *Sveikatos mokslai*; Vol. 22, Nr. 5, p. 13-22
47. Širdies ligos: universiteto vadovėlis. (sud. R. Žiliūnas, red. P. Zabiela) 2009. Kaunas: „Kardiologijos projektai. 528 p.
48. **Usovaitė A.** 2005. Kietosios kosminės spinduliuotės eksperimentiniai tyrimai ir praktinis taikymas. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, aplinkos inžinerija ir kraštotvarka (04T). 126 p.
49. **Van Der Bom J. G., De Maat M. P., Bots M. L., Hofman A., Kluft C., Grobbee D. E.** 1997. Seasonal variation in fibrinogen in the Rotterdam study. *Thrombosis and haemostasis*. 78 (3): p. 1059–62.
50. **Van Zele M. A., Meza A.** 2011. The geomagnetic solar flare effect identified by SIIG as an indicator of a solar flare observed by GOES satellites. *Advances in Space Research* , 48: p. 826–836
51. **Venclovienė J., Babarskienė M. R.** 2009.Trumpalaikių geomagnetinio lauko svyravimų ir skubios hospitalizacijos dėl kardiologių susirgimų ryšys. Kaunas. 4 p.
52. **Veretenenko S. V., Tejll P.** 2008. Solar Proton Events and Evolution of Cyclones in the North Atlantic. *Geomagnetism and Aeronomy*, 48(4), p. 518–528
53. **Villoresi, G., Ptitsyna, N. G., Tiasto, M. I., Iucci, N.** 1998. Myocardial infarct and geomagnetic disturbances: analysis of data on morbidity and mortality (in Russian). *Biofizika*, 43: p. 623–631
54. **Zaporozhan V., Ponomarenko A**. 2010. Mechanisms of Geomagnetic Field Influence on Gene Expression Using Influenza as a Model System: Basics of Physical Epidemiology. *Int. J. Environ. Res. Public Health: 7*, p. 938-965;
55. **Zenchenko T.** **A.** 2011. Solar Wind Density Variations and the Development of Heliobiological Effects during Magnetic Storms. *Atmos Oceanic Physic*, 2011, 47(7),795-804
56. **Xiang C.Q., Wei F.S., Feng X.S., Wang J.F.** 2005. Evolution of coronal mass ejection/shock system in interplanetary space. *Advances in Space Research,* 36: p. 2308–2312
57. **Watanabe Y., Corne‘Lissen G., Halberg F., Otsuka K., Ohkawa S. I.** 2001. Associations by signatures and coherences between the human circulation and helio - and geomagnetic activity. *Biomed Pharmacother*, 55(Suppl 1), p. 76–83
58. **Weeks L. H., CuiKay R. S., Corbin J. R.** 1972. Ozone measurements in the mesosphere during the solar proton event of 2 November 1969, *J. Atmos. Sci*., 29: p. 1138-1142
59. **Weydahl A., Sothern R. B., Corne‘Liisen G., Wetterbur G. L.** 2001. Geomagnetic activity influences the melatonin secretion at 70 degrees. *N. Biomed Pharmocother*, 55, p. 57–62

**Internetiniai puslapiai:**

1. <http://www.nso.lt/science/sunspots.htm> [prieiga 2012-04-12]
2. <http://www.technologijos.lt/n/spauda/sciam/straipsnis?name=straipsnis-4855>[prieiga 2012-04-16]
3. <http://www.hkk.gf.vu.lt/wordpress/publikacijos/Meteorologijos_ivadas.pdf> [prieiga 2012-04-16]
4. <http://www.astronomija.info/astropas/saules_aktyvumas.php> [prieiga 2012-04-25]
5. <http://www.hkk.gf.vu.lt/nauja/studentams/klimato_svyravimai/KS_4.pdf> [prieiga 2012-04-25]
6. <http://www.technologijos.lt/n/mokslas/astronomija_ir_kosmonautika/S-22022/straipsnis?name=S-22022&l=2&p=1> [prieiga 2012-04-25]
7. <http://spacemath.gsfc.nasa.gov/weekly/WeekAF.pdf> [prieiga 2012-05-02]
8. <http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/indices/SPE.txt> [prieiga 2012-05-03]
9. <http://www.mokslon.lt/saules-zybsniu-issiverzimu-klasifikacija> [prieiga 2012-05-03]
10. <http://wiki.svs.lt/index.php/Saul%C4%97> [prieiga 2012-05-03]
11. <http://www.medicinavisiems.lt/Negalavimai/Koki%C4%85-%C4%AFtak%C4%85-sveikatai-daro-magnetin%C4%97s-audros.html> [prieiga 2012-05-13]
12. [www.neris.jonava.lm.lt/darbai/aprasas\_biologija.doc](http://www.neris.jonava.lm.lt/darbai/aprasas_biologija.doc) [prieiga 2012-05-14]
13. <http://ligos.sveikas.lt/lt/ligos/sirdies_ir_kraujagysliu_ligos/miokardo_infarktas> [prieiga 2012-05-15]
14. <http://www.technologijos.lt/n/spauda/sciam/straipsnis?name=straipsnis-4855&l=5&t=/449/450/455/460/464> [prieiga 2012-05-17]
15. <http://lynk.ly/stories/view/7009082> [prieiga 2012-05-17]
16. <http://omniweb.gsfc.nasa.gov/html/omni2_doc.html#abstract> [prieiga 2012-06-06]
17. <http://www.universetoday.com/59230/coronal-mass-ejections/> [prieiga 2012-06-07]
18. <http://www.swpc.noaa.gov/info/SolarEffects.html> [prieiga 2012-06-07]
19. <http://nssdcftp.gsfc.nasa.gov/spacecraft_data/omni/omni2.text> [prieiga 2012-06-07]
20. <http://www.oecd.org/dataoecd/57/25/46891645.pdf> [prieiga 2012-06-08]
21. <http://www.swpc.noaa.gov/NOAAscales/> [prieiga 2012-06-08]
22. <http://pwg.gsfc.nasa.gov/istp/nicky/cme-chase.html> [prieiga 2012-06-09]
23. http://news.nationalgeographic.com/news/2010/08/photogalleries/100830-sunspot-sun-space-sharpest-view-pictures/ [prieiga 2012-06-10]
24. <http://www.truthnhealth.com/2012/01/solar-flares-and-its-affect-on-earth-and-people/> [prieiga 2013-02-08]
25. <http://helenbukulmez.com/2011/08/09/do-solar-flares-affect-people-humans-behavior-moods-actions-what-is-going-on/> [prieiga 2013-02-10]
26. <http://www.carliniinstitute.com/how_recent_solar_flares_are_affecting_us> [prieiga 2011-06-10]
27. <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html> [prieiga 2012-06-11]
28. <http://darkness.lt/pasauleziura/idomiausi-gamtos-reiskiniai-t4175.html> [prieiga 2012-06-11]
29. http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2006/10may\_longrange/ [prieiga 2012-12-10]
30. http://thesantosrepublic.com/2011/06/did-a-massive-solar-proton-event-fry-the-earth/ [prieiga 2012-12-14]
31. http://astrobob.areavoices.com/tag/cme/ [prieiga 2012-12-14]
32. <http://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/storms-on-sun.html> [prieiga 2013-01-16]
33. <http://www.astronas.asmeninis.com/siaures_pasv/MGn9p26%282006%29.pdf> [prieiga 2012-12-16]
34. <http://www.nottingham.ac.uk/nursing/practice/resources/cardiology/function/normal_duration.php> [prieiga 2013-02-11]
35. <http://www.tromboze.lt/ligos/umus-koronarinis-sindromas/> [prieiga 2013-02-11]
36. <http://www.technologijos.lt/n/mokslas/astronomija_ir_kosmonautika/S-28540> [prieiga 2013-04-11]

**PADĖKA**

Dėkoju darbo vadovei prof. dr. Jonei Venclovienei už laiką, skirtą konsultacijoms, bei pagalbą analizuojant ir sisteminant magistrinio darbo rezultatus. Taip pat dėkoju savo šeimai ir draugams už supratimą, paramą ir kantrybę.