

Gamtinė geografija *Physical geography*

Maksimalios eriteminės radiacijos prietakos modeliavimas STARsci modeliu

Judita Liukaitytė, Egidijus Rimkus

Vilniaus universitetas

El. paštas: angel12@xxx.lt, egidijus.rimkus@gf.vu.lt

ĮVADAS

Elektromagnetiniam spektrui priklausantis ultravioletinis (UV) spinduliavimas yra skirstomas į tris dalis: UVA, UVB ir UVC. Padalijimas yra subjektyvus ir iki šiol diskutuojama, kaip tai būtų teisingiausia padaryti. Biologijoje dažniausiai skirstoma taip: UVA – 400–320 nm, UVB – 320–290 nm ir UVC – 290–200 nm. Tarp UVB ir UVC pasirinkta 290 nm ultravioletinės radiacijos riba, nes trumpesniu bangos ilgiu spinduliuojama radiacija beveik nepasiekia Žemės paviršiaus (Henderson, 1977). 320 nm ilgio ribos tarp UVB ir UVA pasirinkimas yra labiau sutartinis. Tyrimai parodė, kad trumpesnė nei 320 nm radiacija daug stipriau veikia gyvą gamtą, nors neretai manoma, kad molekulinės fotobiologijos srityje naudojama 330–340 nm riba galėtų būti tikslesnė (Peak, Peak, 1986). Tad įvairių mokslo sričių specialistai išskiria nevienodą UVB bangų ilgį: 280–315 nm (Moseley, Mackie, 1997), 290–325 nm (Meloni ir kt. 2000), 290–320 nm (Podstawczynska-Bienias, 2000) ir t. t.

Lietuvoje UV pradėta nuolat matuoti 2000 m. Kauno meteorologijos stotyje (MS). UV radiacija yra matuojama MED/h, kai bangos ilgis 280–320 nm; MED – minimali eriteminė dozė, t. y. UVB ir UVA radiacijos dozė, galinti sukelti odos paraudimą (Bukantis, Rimkus, Kazakevičius, 2001).

STARsci yra saulės radiacijos perdavimo modelis, pagrįstas T. Nakajimos ir M. Tanakos lygtimis, aprašančiomis radiacijos sklaidą atmosferoje (Nakajima, Tanaka, 1986). STARsci modelis sukurtas

1999 m. Miuncheno universiteto Meteorologijos institute (STAR, 2000) ir yra skirtas bendrosios radiacijos bei jos sudedamųjų dalių skaičiavimams.

Šio darbo tikslas – įvertinti STARsci modelio tinkamumą Lietuvos sąlygomis lyginant modeliavimo rezultatus su UV matavimų Kauno MS duomenimis.

DUOMENYS IR DARBO METODIKA

Šiame tyrime naudojami 2001–2002 m. Kauno meteorologijos stoties duomenys iš hidrometeorologijos tarnybos archyvų: eriteminės radiacijos intensyvumo per parą maksimumas, atmosferos slėgis, debesuotumas.

STARsci modelyje panaudota:

1. *Data* – skaičiavimai buvo atliekami kiekvieną 2001–2002 metų dieną.

2. *Laikas* (pagal Grinvičą), kuris pasirenkamas toks pats, kaip Kauno MS pateiktas laikas (tuo laiku tą dieną buvo užfiksuotas eriteminės radiacijos maksimumas). Pagal tai nustatomas Saulės aukštis virš horizonto: kuo Saulė aukščiau, tuo mažesnė atmosferos optinė masė ir tuo didesnis radiacijos kiekis patenka ant Žemės paviršiaus (Bukantis, Rimkus, Kazakevičius, 2001). Nustatyta, kad 20–30% UVR kiekio vasarą žemės paviršių pasiekia valanda prieš ir po vidurdienio, o 75% – nuo 9 iki 15 valandos (Diffey, 1990). Kaune kampinis Saulės aukštis zenite per metus kinta nuo 11,7° iki 58,5°.

3. *Stoties koordinatės* 54,9° p. pl., 23,8° r. il. (pagal Kauno MS).

4. *Aukštis nuo žemės paviršiaus* – prietaiso aukštis nuo žemės paviršiaus yra 8,5 m.

5. *Aukštis virš jūros lygio.* Stoties aukštis virš jūros lygio yra 76 metrai, tad absoliutus prietaiso aukštis – 84,5 m. Modelyje tai paverčiama į kilometrus – 0,085 km. Daugelyje Europos šalių tyrimais nustatyta, jog kalnuotose teritorijose UV reikšmė daug didesnė (Meloni ir kt., 2000). Paprastai vietovės aukščiui padidėjus vienu kilometru, UV srauto dydis išauga 6% (Cutchis, 1980).

6. *Vietovės albedas.* Matavimo prietaiso daviklis yra orientuotas horizontaliai. Atspindėta radiacija į daviklį gali patekti ir vėl jai išsisklaidžius atmosferoje. Tad didelis paviršiaus albedas gali gerokai padidinti UV radiacijos prietaką. Paklotinio paviršiaus tipas, nuo kurio priklauso albedas, pasirinktas iš modelio siūlomų variantų. Kadangi po prietaisu yra bitumine danga padengtas pastato stogas, panaudotas artimiausias STARsci pateiktas variantas – betonas. Vietovės albedas mažai kaitus veiksnys, tačiau jis gali pakisti iškritus sniegui. Pastarasis rodiklis nėra fiksuojamas matuojant eriteminę radiaciją, o ir jo buvimas ar nebuvimas ant pastato stogo (kur įrengtas prietaisas) dažnai nesutampa su Kauno MS duomenimis. Antra vertus, žiemą eriteminės radiacijos reikšmės yra neaukštos ir albedo pasikeitimas neturi didelės įtakos absoliutiems dydžiams.

7. *Atmosferos slėgis stoties lygyje.* Atmosferos slėgį įvertinti buvo naudojami Kauno MS duomenys.

8. *Ozono koncentracija.* Nuo 1993 m. sausio mėn. Kauno meteorologijos stotyje ozonas yra matuojamas Dobsono vienetais (Bieliauskienė, 2002). Tyrime panaudota kasdienio bendro ozono kiekio atmosferoje, kurį sudaro troposferinis ir stratosferinis ozonas, reikšmė. Tomis dienomis, kada nebuvo matuotas ozono kiekis, duomenys gauti interpoliuojant gretimų dienų matavimų rezultatus. Ozono sluoksnis sugeria UV radiaciją, tad nuo jo kiekio priklauso ir atmosferoje sugeriamos UV radiacijos dalis.

Ozono pasižymi metine kaita: didžiausios reikšmės ir kiekio svyravimai nustatomi pavasarį, vėliau ozono kiekis atmosferoje sumažėja, o ir svyravimai nebėra toki dideli.

9. *Ozono profilis.* Kadangi vertikalus ozono koncentracijos pasiskirstymas kinta priklausomai nuo sezono, tai modelis siūlo išskirti keturis ozono profilius: žiemos, pavasario, vasaros ir rudens.

10. *Temperatūros ir drėgmės profilis.* Temperatūros ir drėgmės skiltyse galima pasirinkti po du profilius: vasaros ir žiemos. „Vasara“ pasirinkta balandžio–spalio mėnesiais, nes būtent šie mėnesiai priskiriami šiltajam laikotarpiui, „žiema“ – lapkričio–kovo mėnesiais.

11. *Aerolio optinis tankis 550 nm bangose.* Aerolio optinis tankis Lietuvoje nematuojamas. Duomenys paimti iš AERONET tinklalapio, kuriame pateikiama informacija apie Europoje atliekamus matavimus (AERONET, 2003). Buvo pasirinktos keturios Lietuvai artimiausios stotys: Gotlando, Švedijos hidrometeorologijos instituto, Sopoto ir Leipigo.

Remiantis šių stočių mėnesiniais duomenimis, buvo apskaičiuotas vidutinis aerolio optinis tankis, kai bangos ilgis 550 nm. Šiltuoju sezonu jo reikšmė – 0,30, šaltuoju – 0,19. Siekiant patikrinti, ar šios reikšmės tinkamos modeliavimui, buvo atlikta modelio kalibracija. Pasirinktos 2002 m. gegužės 10–19 bei 2002 m. gruodžio 21–26 dienos, kuriomis buvo skaičiuojamas eriteminės radiacijos intensyvumo maksimumas, esant įvairiam aerolio optiniam tankiui, ir nustatomas vidutinis nuokrypio modulis. Skaičiavimų rezultatai (1 lentelė) rodo, jog pagal keturių stočių duomenis apskaičiuotos vidutinės reikšmės tinka STARsci modeliui.

12. *Aerolio kiekis stratosferoje.* Pasirinktas „forninis“ aerolio kiekis atmosferoje, nes analizuojamu periodu neužfiksuota galingų vulkanų išsiverži-

1 lentelė. Apskaičiuotos eriteminės radiacijos nuokrypiai nuo išmatuotų dydžių naudojant skirtingas aerolio optinio tankio reikšmes Kauno MS 2002 m. gegužės 10–19 (šiltuoju periodu) bei gruodžio 21–26 dienomis (šaltuoju periodu)
Table 1. Comparison of calculated and measured values of erythemal radiation using different values of aerosol optical density at Kaunas meteorological station, 10–19 May (for warm period) and 21–26 December (for cold period) 2002

Šiltasis laikotarpis / Warm period								
Aerolio optinis tankis Aerosol optical density	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45
Vidutinis nuokrypio modulis Mean absolute values of deviation	0,016	0,015	0,014	0,014	0,013	0,014	0,015	0,017
Šaltasis laikotarpis / Cold period								
Aerolio optinis tankis Aerosol optical density	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25	0,3	0,35	0,4
Vidutinis nuokrypio modulis Mean absolute values of deviation	0,0008	0,0007	0,0007	0,0007	0,0008	0,0009	0,0010	0,0011

mų, kurie galėtų labai paveikti aerolio koncentracijos augimą. Kiti modelio siūlomi variantai yra aukštas arba žemas vulkaninio užterštumo lygis.

13. *Atmosferos užterštumas*. Atmosferos užterštumas – vidutinis žemyninis. Renkantis vieną iš variantų, eriteminės radiacijos intensyvumas buvo apskaičiuotas visiems siūlomiems atmosferos užterštumo tipams 2002 m. gegužės 10–19 dienomis. Pasirinktas variantas išsiskyrė mažiausiomis vidutinėmis nuokrypio modulio reikšmėmis (2 lentelė).

Viena sunkiausiai sprendžiamų problemų – debesų storis. Kauno MS nustatomas tik apatinės debesų ribos aukštis. Modelis reikalauja išskirti, kuriam aukštui priklauso debesys, bei nurodyti jų viršutinę ir apatinę ribą. Apsiniaukusiomis dienomis vyrauja apatinio aukšto debesys, tad prie jų apatinės ribos aukščio buvo pridėdama 0,5 km, t. y. vidutinis apatinio aukšto debesų storis. Vertikalios raidos debesys (daug storesni) retai ištisą dieną visiškai užkloja dangaus skliautą, todėl labai tikėtina, kad tokiomis

2 lentelė. Apskaičiuotos eriteminės radiacijos nuokrypiai nuo išmatuotų dydžių naudojant skirtingus atmosferos užterštumo tipus Kauno MS 2002 metų gegužės 10–19 dienomis

Table 2. Comparison of calculated and measured values of erythemal radiation for different aerosol types at Kaunas meteorological station, 10–19 May 2002

Atmosferos užterštumo tipai Aerosol types					
Vidutinis Žemyninis Continental average	Švarus žemyninis Continental clear	Užterštas žemyninis Continental polluted	Švarus jūrinis Maritime clear	Užterštas jūrinis Maritime polluted	Urbanizuotų teritorijų Urban
Vidutinis nuokrypio modulis Mean absolute values of deviation					
0,013	0,014	0,014	0,017	0,014	0,018

Ore esantis aerolis, kaip ir dujos, atspindi, išsklaido bei sugeria Saulės radiaciją. Didėjanti gamtinės ar antropogeninės kilmės aerolio koncentracija ore mažina UV radiacijos prietaką. Aerolio nulemti UV radiacijos kiekio pokyčiai gali siekti 20–45%. Dėl šios priežasties bei dėl to, jog virš stambių pramonės centrų išauga ir troposferinio ozono kiekis, šiose vietovėse UV radiacija yra daug mažesnė nei aplinkinėse teritorijose (Bukantis, Rimkus, Kazakevičius, 2001).

14. *Paribio sluoksnio storis*. Pasirinktas vieno kilometro paribio sluoksnio storis. Kadangi modelis siūlo vieno kilometro žingsnį, buvo atliekama modelio kalibracija ir apskaičiuojamas eriteminės radiacijos intensyvumas, kai paribio sluoksnio storis 1, 2 ar 3 kilometrai. Naudojant mūsų pasirinktą dydį, vidutiniai nuokrypio moduliai yra minimalūs.

15. *Debesuotumas*. Debesuotumo parametrai buvo įtraukiami tik tada, kai dienos giedrumo charakteristika – 2 (apsiniaukusi diena). Dienos giedrumo charakteristikas pateikia Kauno MS ultravioletinės spinduliuotės stebėjimų lentelėje. Kada dienos giedrumo charakteristika lygi 3 (besikeičiantis debesuotumas), debesuotumo parametrai neįtraukiami, nes UV maksimumas fiksuojamas tuo momentu, kai tarp debesų pasirodo saulė. Kuo storesnis ir tankesnis yra debesis, pro kurį praeina Saulės spindulys, tuo mažiau UV radiacijos pasiekia Žemės paviršių (Bukantis, Rimkus, Kazakevičius, 2001). Debesys gali sumažinti UV spinduliuotę perpus (Jonavičienė, 2002).

dienomis eriteminės radiacijos maksimumas fiksuojamas saulei šviečiant pro debesų tarpą.

Tolimesniame darbe buvo lyginami STARsci modelio skaičiavimų rezultatai ir Kauno MS duomenys. Kaune UV radiacija matuojama MED/h, o STARsci apskaičiuojama W/m². Tad norint palyginti duomenis, MED/h buvo keičiami į W/m²: 1MED/h = 0,0583 W/m². Tokį MED/h į W/m² keitimo koeficientą remiantis prietaiso pasu pateikė Kauno MS.

STARsci MODELIU APSKAIČIUOTŲ IR KAUNO MS IŠMATUOTŲ DYDŽIŲ PALYGINIMAS

Darbe palygintos STARsci modeli apskaičiuotos bei Kauno MS išmatuotos maksimalios eriteminės radiacijos reikšmės. Buvo nustatyti kasdieninių matavimų skirtumai, išmatuotų bei apskaičiuotų dydžių koreliaciniai ryšiai.

Didžiausi eriteminės radiacijos maksimumai užfiksuoti liepą. STARsci modelio duomenimis, jos intensyvumas 2001 ir 2002 metais buvo atitinkamai 0,1421 W/m² ir 0,1458 W/m², o Kauno MS išmatuotas šiek tiek didesnis – 0,1512 W/m² ir 0,1544 W/m². Birželio–liepos mėnesiais maksimalus eriteminės radiacijos intensyvumas net 25 kartus yra didesnis nei mažiausiomis reikšmėmis išsiskirinčiais gruodžio–sausio mėnesiais.

Vidutinis maksimalios eriteminės radiacijos intensyvumas 2001 m. Kauno MS (0,0634 W/m²) buvo mažesnis nei apskaičiuotas STARsci modeliu

(0,0646 W/m²), tuo tarpu 2002 m. atvirksčiai – Kaune buvo didesnis (0,0672 W/m²) nei apskaičiuotas (0,0664 W/m²).

Siekiant sužinoti ryšio glaudumą tarp išmatuotų ir apskaičiuotų eriteminės radiacijos maksimumų, buvo apskaičiuojami tiesinės koreliacijos koeficientai. Visi gauti koreliacijos koeficientai yra statistiškai patikimi pagal 95% garantijos lygį. Ryšys tarp apskaičiuotų ir išmatuotų dydžių yra labai glaudus ir 2001–2002 metais siekė 0,97. Antra vertus, kadangi eriteminės radiacijos intensyvumo svyravimai pasižymi aiškiai išreikšta metine kaita, koreliacinis ryšys nėra labai informatyvus rodiklis lyginant metų ar dviejų matavimų bei skaičiavimų rezultatus. Daug svarbesni dydžiai gaunami lyginant trumpesnius – sezoninius ar mėnesinius – dydžius. Glaudžiausias ryšys 2001 m. nustatytas birželį (0,92) ir balandį (0,90). Silpniausias ryšys tarp išmatuotų ir apskaičiuotų dydžių gautas gegužį – 0,55. 2002 m. glaudžiausias ryšys nustatytas kovą (0,91) ir balandį (0,90), o silpniausias – spalį (0,48), lapkritį (0,43) ir gruodį (0,46).

Darbe buvo apskaičiuoti vidutiniai eriteminės radiacijos nuokrypiai tarp Kaune išmatuotų ir STARsci modeliu apskaičiuotų duomenų (W/m² ir %). Kai vidutinis nuokrypis su „+“ ženklu, Kaune išmatuotos radiacijos intensyvumas didesnis, o kai su „-“, didesnė STARsci modeliu apskaičiuota reikšmė. Didžiausi absoliutūs skirtumai nustatyti 2001 m. rugpjūtį (-0,0101W/m²) bei 2002 m. birželį (0,0101W/m²). Santykiniai skirtumai didesni žiemos mėnesiais, pvz., 2002 m. sausį vidutiniškai siekė net 33%.

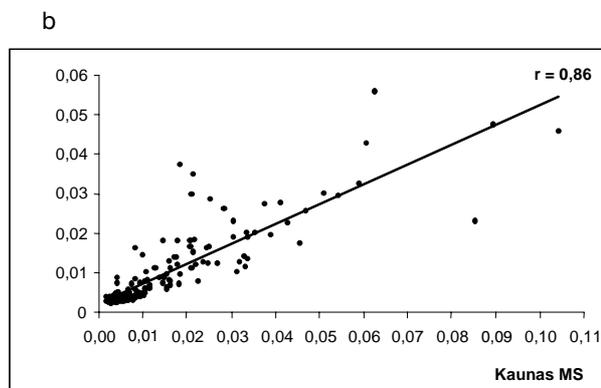
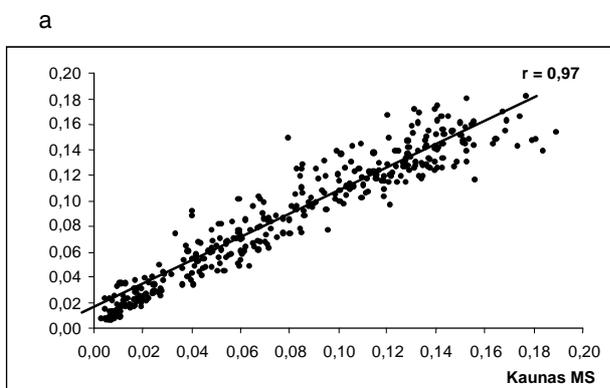
Kadangi eriteminės radiacijos nuokrypis gali būti ir teigiamas, ir neigiamas, norint tiksliau įvertinti skaičiavimų ir matavimų nesutapimus, buvo apskaičiuojamas jo modulis (W/m² ir %). Nustatyta, jog vidutinio nuokrypio modulio reikšmės mažiausios gegužės mėnesį – 9,2% (2001 m.) ir 8,4% (2002 m.). Didžiausios reikšmės 2001 m. yra gruodį (47,1%) ir sausį (39,5%). Šiais mėnesiais vidutinis absoliutus

nuokrypis buvo tik -0,0002 W/m², o jų modulių reikšmės irgi labai mažos. Taip atsitinka todėl, kad gruodį ir sausį Lietuvoje žemės paviršių pasiekia labai maži radiacijos kiekiai, tad net ir mažas absoliutus nuokrypis įgyja gana dideles santykinės reikšmes. 2002 m. didžiausios santykinės vidutinio nuokrypio modulio reikšmės buvo spalį (49%) ir lapkritį (57%).

Eriteminės radiacijos intensyvumas priklauso nuo daugelio meteorologinių parametru. Labiausiai šiame darbe mus dominantis rodiklis yra debesuotumas. Maksimalus UV radiacijos intensyvumas smarkiai kinta priklausomai nuo to, ar diena buvo apsiniaukusi, ar ne. Kadangi Kauno meteorologijos stotyje yra matuojamas tik apatinės debesų ribos aukštis, o STARsci modelyje būtina įvertinti ir skirtingų aukštų debesų storį, tad didelę dispersijos ryšio kreivės dalį (1 pav., b) lemia netikslūs debesuotumo parametrai.

Debesuotumo įtaka skaičiavimo tikslumui nustatyta atskirai įvertinus apsiniaukusias ir giedras (šioms priskiriamos ir debesuotos) dienas (3 lentelė). Paaiškėjo, kad debesuotomis 2001–2002 m. dienomis STARsci modelis pateikia mažesnes eriteminės radiacijos reikšmes, nei išmatuoja Kauno MS. Šiltuoju sezonu vidutinis nuokrypis siekia 0,0101, o vidutinis nuokrypio modulis – 0,0138. Tačiau santykiniai dydžiai per metus skiriasi nedaug: nuokrypio modulis šaltuoju metų laikotarpiu yra 62,0%, o šiltuoju – 63,9%. Tokių ganėtinai didelių skirtumų priežastis – nevienalytiškas debesų laukas. Net apsiniaukusiomis dienomis debesų storis gali gerokai kisti, o maksimalus eriteminės radiacijos kiekis žemės paviršių pasiekia tuo momentu, kai debesų danga yra ploniausia.

Tuo tarpu giedromis dienomis Kauno meteorologijos stotis užfiksuoja mažesnes eriteminės radiacijos reikšmes, negu apskaičiuoja STARsci modelis. Tačiau skirtumai nėra tokie dideli kaip debesuotomis dienomis: šaltuoju sezonu -0,0022W/m² (viduti-



1 pav. Ryšys tarp Kauno MS išmatuoto ir STARsci modeliu apskaičiuoto maksimalaus dienos eriteminės radiacijos intensyvumo (W/m²) 2001–2002 m. giedromis (a) ir apsiniaukusiomis (b) dienomis

Fig. 1. Relation between calculated (STARsci model) and measured (Kaunas meteorological station) values of maximum intensity of erythemal radiation (W/m²) in 2001–2002 during clear (a) and overcast (b) days

nis nuokrypio modulis – 16,6%), o šiltuoju sezonu –0,0013W/m² (vidutinis nuokrypio modulis – 11,6%) (3 lentelė). Duomenų sklaida tiek debesuotomis dienomis, tiek ir giedromis didėja augant eriteminės radiacijos kiekiui (1 pav.).

dėjimą, reikalingas platus stočių tinklas ir, aišku, prognozė.

STARsci gali būti vienas tinkamiausių radiacijos perdavimo modelių skaičiavimo požiūriu ir dėl patikimų rezultatų. Siekiant patikimų UV radiacijos prie-

3 lentelė. STARsci modelių apskaičiuotų ir Kauno MS išmatuotų rezultatų palyginimas giedromis ir debesuotomis dienomis

Table 3. Comparison of calculated (STARsci model) and measured (Kaunas meteorological station) values of maximum intensity of erythemal radiation in 2001–2002 on clear and overcast days

	Kauno MS vidurkis Mean value of Kaunas MS (W/m ²)	STARsci vidurkis Mean value of STARsci model (W/m ²)	Koreliacijos koeficientas Correlation coefficient	Vidutinis nuokrypis Mean deviation (W/m ²)	Vidutinis nuokrypis Mean deviation (%)	Vidutinio nuokrypio modulis Mean absolute values of deviation (W/m ²)	Vidutinio nuokrypio modulis Mean absolute values of deviation (%)
Apsiniaukę / Overcast							
Šiltas sezonas Warm period	0,0339	0,0238	0,73	0,0101	55,5	0,0138	63,9
Šaltas sezonas Cold period	0,0085	0,0055	0,85	0,0030	51,8	0,0036	62,0
Giedra / Clear							
Šiltas sezonas Warm period	0,1074	0,1087	0,94	-0,0013	3,2	0,0113	11,6
Šaltas sezonas Cold period	0,0254	0,0275	0,97	-0,0022	12,5	0,0037	16,6

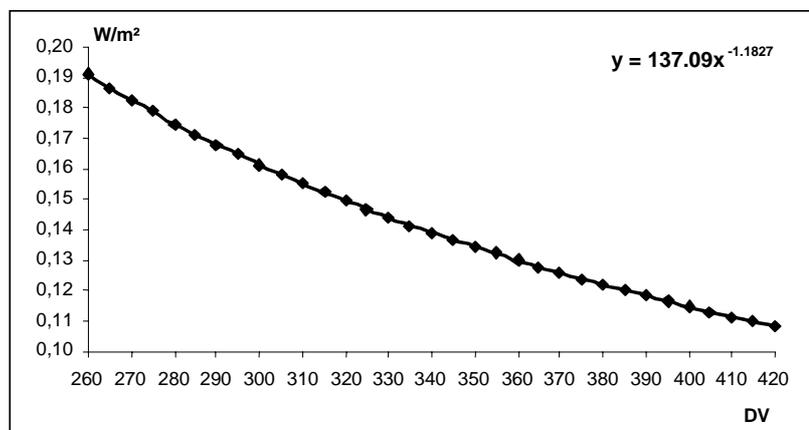
Glaudžiausias tiesinės koreliacijos ryšys nustatytas giedromis šaltojo sezono dienomis – 0,97. Tuo tarpu šiltuoju periodu, kai Saulę dengė debesys, koreliacijos koeficientas buvo vos 0,73. Šiltuoju sezonu užfiksuota vos keliolika dienų, kada Saulę visą dieną dengė debesys (todėl didėjant duomenų kiekiui šis koeficientas gali pasikeisti), be to, debesų storio ir vandeningumo per parą kaita vasarą daug didesnė nei žiemą.

STAR_{SCI} MODELIO NAUDOJIMO PERSPEKTYVOS

Atsiradus duomenų apie atmosferinio ozono sluoksnio plonėjimą bei šio reiškinio nulemtą UV radiacijos intensyvumą, pasiekiančio žemės paviršių, didėjimą, daug dėmesio skiriama ultravioletinės radiacijos tyrimams. Tokiems tyrimams reikalinga išsami informacija apie UV radiacijos svyravimus per metus ir parą. Norint gyventojus iš anksto informuoti apie staigų UV kiekio padi-

takos prognozių, reikia išspręsti keletą šio modelio panaudojimo uždavinių.

Vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių eriteminės radiacijos intensyvumą giedromis dienomis, yra ozono sluoksnio storis. Todėl šio parametro prognozė yra labai svarbi bendros UV prognozės sudedamoji dalis.



2 pav. Maksimalaus eriteminės radiacijos intensyvumo (W/m²) priklausomybė nuo ozono kiekio (DV) birželio 21 d. vidurdienį Kaune
Fig. 2. Relationship between ozone amount (DV) and maximum intensity of erythemal radiation in the noon of 21 June in Kaunas

Darbe nustatyta eriteminės radiacijos intensyvumo priklausomybė (pagal STARsci modelį) nuo ozono sluoksnio storio. Skaičiavimai buvo atliekami atsižvelgiant į 2001–2002 m. gegužės–rugpjūčio mėnesiais išmatuoto ozono kiekio svyravimus (260–420 DV). Skaičiavimai atlikti birželio 21 dieną, tikrojo vidurdienio metą. Antrajame paveiksle matome, kad UV radiacijos kiekis, suplonėjęs ozono sluoksniui, padidėja net iki 57%. Ozono prognozės Lietuvoje nesudarinėjamos, tačiau Lietuvos teritorijai jas internete pateikia Berlyno universitetas (OZON-PROGNOSE, 2003). Ten pat skelbiamos prognozės Europai 3–72 valandų laikotarpiui.

Lietuvoje nematuojamas ir atmosferos optinis tankis nustatytame bangų diapazone. Šis dydis labai kinta laike ir turi didelę įtaką prognozuojamos radiacijos kiekiui. Atliktame tyrime panaudotos vidutinės sezoninės reikšmės (pagal kaimyninių šalių matavimų rezultatus) gali tik iš dalies užpildyti vietinių matavimų stoką.

Kitas svarbus kol kas nematuojamas dydis yra debesų storis. Šiam tikslui galima panaudoti palydovinę informaciją, kuri vėlgi nelabai tinka tais atvejais, kai vienas virš kito išsidėsto kelių aukštų debesys. Šiame darbe panaudota vidutinė 0,5 km debesų storio reikšmė dėl aptartų priežasčių lėmė gana dideles skaičiavimų paklaidas apsiniaukusiomis dienomis. Visgi apsiniaukusiomis dienomis žemę pasiekia gerokai mažesnis UV radiacijos kiekis ir jos prognozė ne tokia aktuali kaip giedros atveju.

IŠVADOS

1. Kauno MS išmatuotos ir STARsci modeliu apskaičiuotos eriteminės radiacijos intensyvumas skiriasi labai nedaug. Tiesinės koreliacijos koeficientas yra statistiškai patikimas ir 2001 m. siekė 0,97, o 2002 m. – 0,98. Glaudžiausias ryšys 2001 m. apskaičiuotas birželio ($r = 0,92$) ir balandžio ($r = 0,90$) mėnesiais. Silpniausias ryšys tarp išmatuotų ir apskaičiuotų dydžių gautas gegužės mėnesį ($r = 0,54$). 2002 m. glaudžiausias ryšys yra kovo ($r = 0,91$) ir balandžio mėnesiais ($r = 0,90$), o silpniausias – spalį, lapkritį ir gruodį ($r = 0,43$ – $0,48$).

2. Giedromis dienomis Kauno meteorologijos stotis užfiksuoja mažesnius eriteminės radiacijos kiekius, negu apskaičiuoja STARsci modelis (vidutinė nuokrypio reikšmė – $0,0017\text{W/m}^2$), tuo tarpu debesuotomis dienomis didesni yra STARsci modeliu apskaičiuoti dydžiai (vidutinė nuokrypio reikšmė – $0,0065\text{W/m}^2$).

3. Skirtumas tarp Kauno MS išmatuotų ir STARsci modeliu apskaičiuotų eriteminės radiacijos reikšmių iš dalies galima paaiškinti neviseškai tiksliais aerozolio optinio tankio bei debesų sto-

rio (eriteminės radiacijos intensyvumo maksimumo metu) į modelį įvestais duomenimis.

PADEKA

Darbo autoriai nuoširdžiai dėkoja Lietuvos hidrometeorologijos tarnybai už suteiktą galimybę pasinaudoti Kauno MS matavimų duomenimis bei Miuncheno universiteto Meteorologijos institutui už leidimą dirbti jų sukurtu STARsci modeliu.

Gauta 2003 12 10
Parengta 2004 03 08

Literatūra

- AERONET. *Aerosol robotic network* (2003). <http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>.
- Bieliauskienė V. (2002). *Apie ozoną* (<http://www.meteo.lt>).
- Bukantis A., Rimkus E., Kazakevičius S. (2001). UV radiacijos intensyvumas ir jos fluktacijos Lietuvoje. *Geografija*. 38(1): 15–21.
- Cutcher P. (1980). A formula for comparing annual damaging ultraviolet (DUV) radiation doses at tropical and mid – latitude sites. *Final Report* FAA – EE: 80–121.
- Diffey B. L. (1990). *Solar ultraviolet radiation effects on biological systems*. Durham.
- Henderson S. T. (1977). *Daylight and its Spectrum*. Bristol.
- Jonavičienė A. (2002). *Apie ultravioletinę saulės spinduliuotę ir jos poveikį žmogui* (<http://www.meteo.lt>).
- Meloni D. ir kt. (2000). Solar UV Dose Patterns in Italy. *Photochemistry and Photobiology*. 71(6): 681–690.
- Moseley H., Mackie R. M. (1997). Ultraviolet B radiation was increased at ground level in Scotland during a period of ozone depletion. *British Journal of Dermatology*. 137: 101–102.
- Nakajima T., Tanaka M. (1986). Matrix Formulations for the Transfer of Solar Radiation in a Plane – Parallel Scattering Atmosphere. *Journal of Quantitative Spectroscopic Radiative Transfer*. 35: 13–21.
- OZON-PROGNOSE mit REM3 für Mitteleuropa (2002). <http://userpage.fu-berlin.de/~flemming/>.
- Podstawczyńska-Bienias A. (2000). *Intensity of Ultraviolet and total Solar Radiation in Lodz*. Krokua.
- Peak M. J., Peak J. G. (1986). Molecular photobiology of UVA. *Biological Effects of UVA Radiation*. 42–52.
- STAR. System for Transfer of Atmospheric Radiation (2000). <http://www.meteo.physik.uni-muenchen.de/strahlung/uvrad/Star/>.

Judita Liukaitytė, Egidijus Rimkus

Vilnius University

STARsci MODELLING OF MAXIMUM INTENSITY OF ERYTHEMAL RADIATION

The purpose of this work was to check the applicability of the STARsci model in Lithuanian conditions and its reliability, comparing the data with the meteorological data obtained from the Kaunas meteorological station.

Changes of erythemal radiation intensity in 2001–2002 measured by the Kaunas meteorological station and calculated using the STARsci model are very similar. The correlation coefficient is statistically reliable and reaches 0.97 in 2001 and 0.98 in 2002. The closest relation was determined in June 2001 ($r = 0.92$) and in April ($r = 0.90$). The relation between the measured and calculated values was weakest in May ($r = 0.54$). In 2002, the relation was closest in March ($r = 0.91$) and April ($r = 0.90$), and the weakest relation was observed during the last three months: October, November, December ($r = 0.43$ – 0.48).

The higher value of erythemal radiation intensity in 2001 was calculated by STARsci; however, in 2002 the higher mean was measured at the Kaunas meteorological station. The mean absolute values of deviation were lowest in June 2001 (9%) and 2002 (8%) and highest in

December 2001 (47%) and November 2002 (57%). In the cold time of the year the cloudy weather is more frequent, thus the accuracy of measurements is lower.

On clear days the Kaunas weather station shows a lower erythemal radiation than that calculated by the STARsci model (mean deviation 0.0017 W/m^2). On overcast days the measurements calculated by the STARsci model are higher (mean deviation 0.0065 W/m^2).

The difference of erythemal radiation measured by the Kaunas meteorological station and calculated by the STARsci model could be in part explained by inaccurate input data on aerosol optical density and the thickness of clouds. To improve the forecast the erythemal radiation intensity on clear summer days, it is necessary to have reliable forecasts of the thickness of the ozone layer and of the aerosol optical density.