

4. konferenca z mednarodno udeležbo
Konferenca VIVUS – s področja kmetijstva, naravovarstva, hortikulture in floristike ter živilstva in prehrane
»Z znanjem in izkušnjami v nove podjetniške priložnosti«
20. in 21. april 2016, Biotehniški center Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenija

4th Conference with International Participation

Conference VIVUS – on Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition

»With Knowledge and Experience to New Entrepreneurial Opportunities«

20th and 21st April 2016, Biotechnical Centre Naklo, Strahinj 99, Naklo, Slovenia

Vročinski valovi v Sloveniji

dr. Tjaša Pogačar

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija, tjasa.pogacar@bf.uni-lj.si

Mateja Zalar

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija, mateja.zalar@bf.uni-lj.si

doc. dr. Zalika Črepinšek

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija, zalika.crepinsek@bf.uni-lj.si

prof. dr. Lučka Kajfež Bogataj

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Slovenija, lucka.kajfez.bogataj@bf.uni-lj.si

Izveleček

Vročinski valovi so vedno bolj pereč problem za vsa področja delovanja: od kmetijstva, zdravja ljudi, turizma, do industrijskih dejavnosti. V času podnebnih sprememb sta njihova pogostost in intenziteta vedno večja, zato smo analizirali dolžino in intenziteto vročinskih valov v zadnjih desetletjih. Analizirali smo najvišje dnevne temperature zraka za meteorološke postaje Ljubljana, Bilje, Celje, Črnomelj, Rateče in Murska Sobota v obdobju 1961–2010. Primerjali smo obdobji 1961–1985 in 1986–2010. Vročinski val smo definirali kot vsaj 5 zaporednih dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka nad 29,5 °C. Ugotovili smo, da se vplivi podnebnih sprememb že odražajo na številu vročinskih valov: v Ratečah so se pojavili šele v drugem obdobju, drugje se je število povečalo. Vročinski valovi se začenjajo zgodneje, za Ljubljano se je izkazalo, da so tudi intenzivnejši. Aplikacija vročinskega indeksa v kmetijstvu bi bila nujna, saj je lahko kljub primerni količini vode ob vročinskem valu pridelek manjši od pričakovanega. Prav tako pa je pomemben vpliv vročinskih valov na zdravje in produktivnost delavcev v kmetijstvu in ostalih panogah, s čimer se ukvarja petletni evropski projekt Heat-Shield v okviru programa Obzorje 2020.

Ključne besede: vročinski val, najvišje dnevne temperature, vročinski indeks, Heat-Shield

Heat waves in Slovenia

Abstract

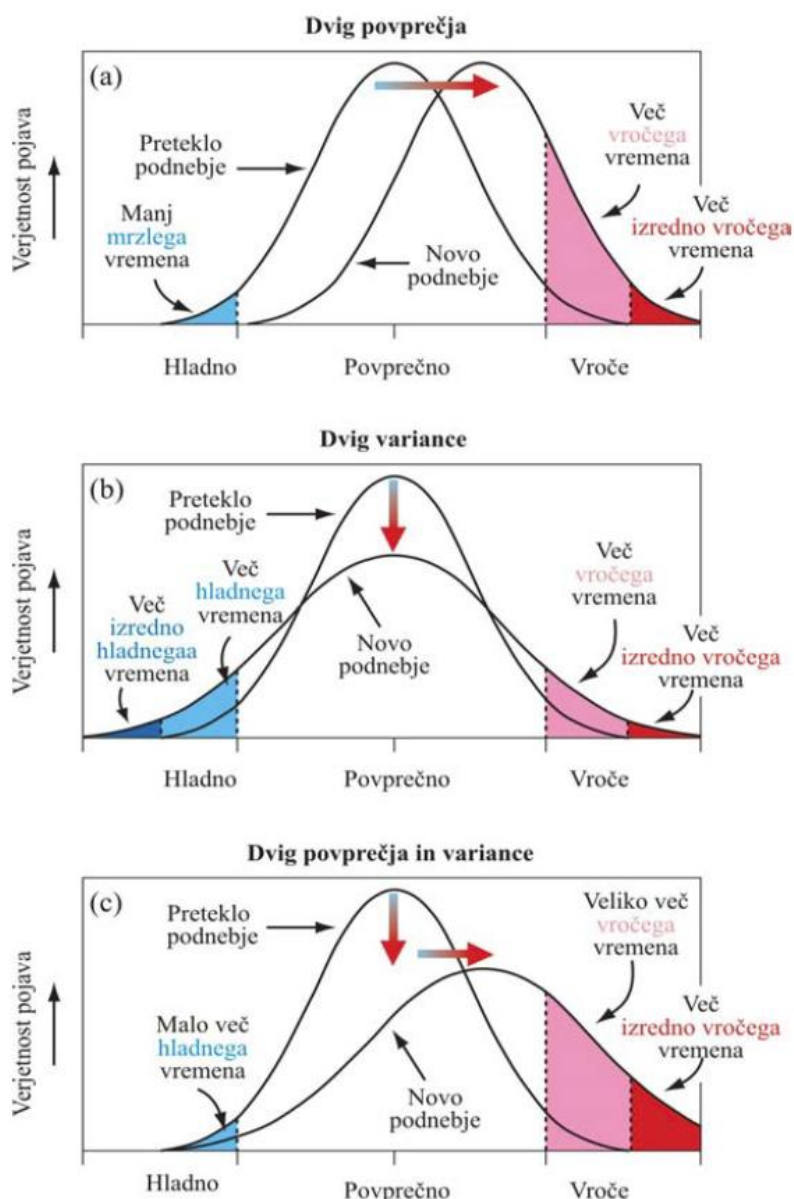
Heat waves are becoming an important issue in all sectors: from agriculture, public health, tourism to industry. It is assumed that their frequency and intensity have already increased, so their length and intensity were analysed on a yearly base. Maximum daily temperatures for the period 1961–2010 at meteorological stations Ljubljana, Bilje, Celje, Črnomelj, Rateče and Murska Sobota were used. Periods 1961–1985 and 1986–2010 were compared. Heat wave occurs when for 5 consecutive days maximum daily air temperature does not fall under 29.5 °C. Impacts of climate change affect the number of heat waves: in Rateče they appear only in the second period, at other stations the number has increased. Heat waves start earlier and for Ljubljana it was shown that they are gaining intensity. Even at appropriate soil moisture heat wave can cause an important yield decrease, so there should be an application of heat index in agriculture. Furthermore, the impact of heat waves on the health and productivity of workers in agriculture and other sectors has to be assessed, which is planned to be done in the frame of Horizon 2020 five-year European project Heat-Shield.

Key words: heat wave, daily maximum temperatures, heat index, Heat-Shield

1 Uvod

Vreme in podnebje sta dejavnika, ki posredno in neposredno vplivata na aktivnosti ljudi, rastlin in živali. Najbolj se vplivov zavemo, ko nas prizadenejo ekstremni vremenski pojavi, ki lahko ogrožajo življenje, varnost in premoženje (Vreme in podnebje, 2016). Podnebje predstavlja okvir, znotraj katerega lahko pričakujemo različne vremenske dogodke. Ta okvir ni statičen, ampak se neprestano spreminja tako v času kot v prostoru. S tem pa se spreminja tudi verjetnost za pojavljanje izrednih vremenskih dogodkov ter njihova intenzivnost (Bertalanč in sod., 2010; Kajfež Bogataj in sod., 2004).

Podobno kot v Evropi in v svetu meritve v Sloveniji jasno kažejo, da se naše podnebje spreminja (Bertalanč in sod., 2010). Dvig temperature vpliva na pogostost in variabilnost toplih in vročih dni (Podnebne razmere v Sloveniji, 2006). Tako se Slovenija skupaj z južno in srednjo Evropo vse pogosteje spopada z vročinskimi valovi, gozdnimi požari in sušami (Evropska komisija, 2015).



Slika 1: Prikaz učinka spremembe a) povprečja, b) variance ter c) povprečja in variance skupaj na skrajne vrednosti temperature zraka, ki bi ustrezala normalni porazdelitvi.

Kajfež Bogataj in sod. (2004)

Kajfež Bogataj in sod. (2004) so se ukvarjali s pripravo scenarijev podnebnih sprememb kot temeljev za oceno ogroženosti z vremensko pogojenimi naravnimi nesrečami. Poleg ostalih naravnih nesreč (neurja, poplave, novozapadli sneg, ekstremne padavine, požari) so se ukvarjali tudi z vročinskimi valovi. Dvig povprečja temperature pomeni več vročih dni (Slika 1a), povečanje variabilnosti pomeni povečanje števila vročih in mrzlih dni (Slika 1b), sprememba tako povprečja kot variabilnosti pa pomeni še več vročih dni (Slika 1c).

Enotna definicija za vročinske valove ne obstaja, saj se definicije razlikujejo glede na različna podnebja, območja, letne čase in potrebe definicije (Šelb Šemerl in Tomšič, 2008). Pomanjkanje enotne definicije otežuje primerjavo in jo napravlja nekoliko manj natančno. Pri tem je potrebno upoštevati, da je vsak vročinski val poseben, saj na toplotno obremenitev in privajenost vročini vpliva tudi predhodni potek vremena (Hojs in sod., 2014).

Temperaturni pragovi vročinskih valov se po svetu zelo razlikujejo zaradi različnih prilagoditev ljudi. V vročih in vlažnih področjih so zaradi fizičnih, socialnih in kulturnih prilagoditev pragovi postavljeni višje. V hladnejših področjih pa morda pragovi za vročinski val niso nikoli doseženi, vendar je lahko neobičajno toplo vreme že občuteno kot vročinski val. Zato se lahko zgodi, da se v različnih regijah pojavi podobno število zaznanih vročinskih valov. Težava nastane, če določamo vročinske valove samo na podlagi določenih temperaturnih pragov. Tako definiranje vročinskih valov je preprostejše, vendar jih omejuje samo na poletja, medtem ko imamo lahko vročinske valove tudi v drugih letnih časih (Robinson, 2001).

Čeprav je vročinski val meteorološki dogodek, ga ne moremo oceniti brez povezave z vplivi na človeka. Zato moramo uporabiti kombinacijo meteoroloških spremenljivk, ki so povezane s človeško zaznavo vročine. Glede na spremenljivke, trajanje vala in podnebno variabilnost na nekem področju, se nato postavi ustrezne pragove (Robinson, 2001). Ameriška Nacionalna vremenska služba (NWS) je tako vročinski val definirala glede na indeks toplotne obremenitve, ki je kombinacija temperature zraka in zračne vlage in predstavlja splošno oceno fiziološkega stresa za človeka. Opozorila so izdana, ko so dnevne najvišje in nočne najnižje vrednosti indeksov presežene za vsaj dva zaporedna dneva (Robinson, 2001). Svetovna meteorološka organizacija vročinski val definira kot obdobje, ko najvišje dnevne temperature zraka 5 ali več zaporednih dni za vsaj 5 °C presegajo povprečne najvišje dnevne temperature v obdobju 1961–1990 (Metoffice, 2015). Vodnik po podnebnih spremembah pa kot podaljšano obdobje ekstremno visokih temperatur v neki regiji določa, da je vročinski val takrat, ko se temperature zraka dvignejo za 10 °C nad običajne za nekaj dni (Cousineau, 2016).

Zaradi pomanjkanja ustrezne enotne definicije vročinskih valov je težko narediti primerjavo med državami in tudi med preteklostjo in sedanjostjo v pogostosti in intenzivnosti pojavljanja (Robinson, 2001). Glede na priporočila za Slovenijo velja, da definiramo vročinski val kot obdobje najmanj 5 zaporednih dni, ko je bila najvišja dnevna temperatura zraka višja od 30 °C (Šelb Šemerl in Tomšič, 2008).

2 Metode in materiali

2.1 Definicija vročinskih valov

Pri naši analizi smo uporabili definicijo, da vročinski val predstavlja vsaj 5 zaporednih dni z najvišjo dnevno temperaturo zraka enako ali višjo od 29,5 °C. Izbira najvišje dnevne temperature zraka se za 0,5 °C razlikuje glede na predlagano s strani Šelb Šemerl in Tomšič (2008). Tak prag smo izbrali zaradi samega zaokroževanja in posledično lažje obdelave podatkov. Vročinske valove smo grafično predstavili tako, da smo obarvali polja pri dnevih, ki so bili v vročinskem valu, v barvni lestvici, ki se stopnjuje od svetlo rumene pri 30 °C do temno rdeče pri temperaturi zraka 37 °C.

2.2 Podatki

Podatke o najvišjih dnevniških temperaturah zraka smo pridobili iz arhiva Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO, 2016) za meteorološke postaje Ljubljana, Bilje, Celje, Črnomelj, Rateče in Murska Sobota za obdobje 1961–2010 (za Ljubljano do 2015). Obdobje smo za primerjavo razdelili na dva enako dolga časovna niza: 1961–1985 in 1986–2010. Primerjali smo število valov ter datum pojava najzgodnejšega in najpoznejšega vročinskega vala v posameznem obdobju.

3 Rezultati z diskusijo

3.1 Pojavljanje vročinskih valov

Število valov se je v obdobju 1986–2010 glede na obdobje 1961–1985 povečalo v vseh krajih (Tabela 1). Največja sprememba je bila v Ljubljani, kjer se je število valov povečalo s 16 na 45. Opazna je tudi sprememba v Ratečah, kjer do leta 2003 vročinskih valov sploh ni bilo. Največ vročinskih valov je bilo v prvem obdobju v Biljah, kar 51. V ostalih krajih (razen v Ratečah) je njihovo število med 10 (Celje in Murska Sobota) in 20 (Črnomelj). V drugem obdobju se je število vročinskih valov povzpelo na 4 (Rateče) do 65 (Bilje).

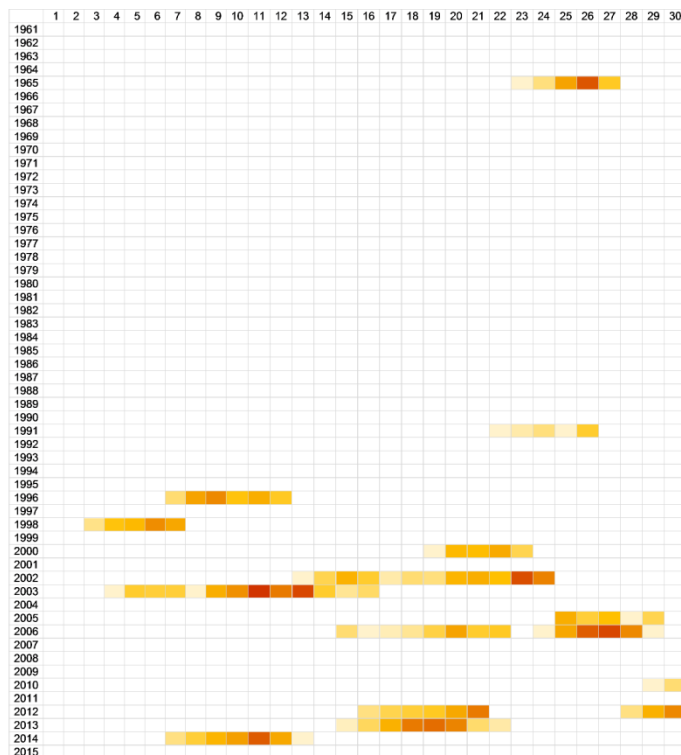
Datum začetka najzgodnejšega vročinskega vala (Tabela 1) je med drugo polovico maja (Bilje v obeh obdobjih) in začetkom julija (Celje v prvem obdobju in Rateče v drugem obdobju). Najpoznejši vročinski valovi se pojavijo večinoma v avgustu, le redko se začnejo v septembru (Bilje in Ljubljana prvo obdobje). Najbolj opazen časovni premik najzgodnejšega datuma začetka vročinskega vala je v Celju, in sicer iz začetka julija na začetek junija.

Tabela 1: Število valov, najzgodnejše in najkasnejše pojavljanje po krajih glede na obdobje

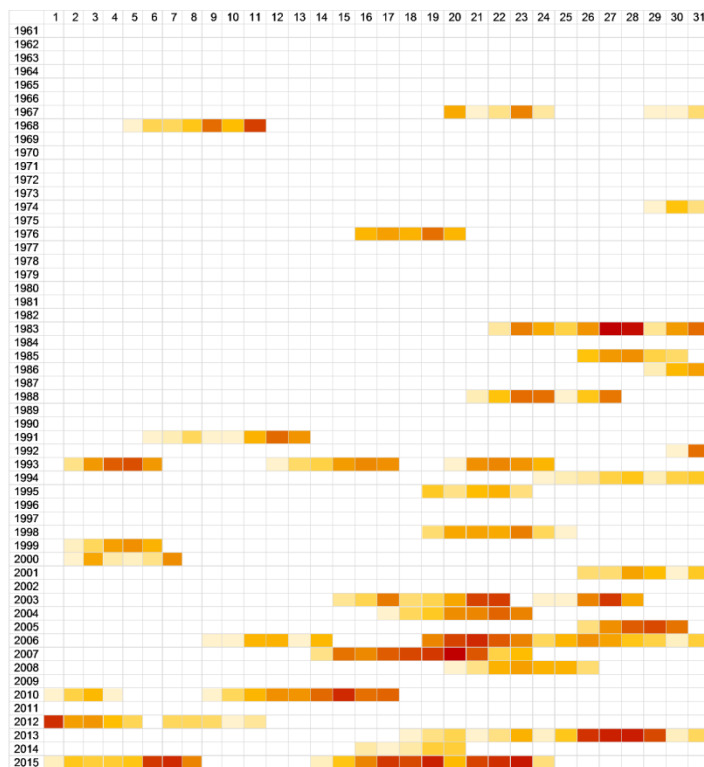
		Število valov	Datum začetka najzgodnejšega vročinskega vala	Datum začetka najpoznejšega vročinskega vala
Bilje	1961–1985	51	29.05.1979	21.09.1985
	1986–2010	65	20.05.2007	27.08.1990
Celje	1961–1985	10	05.07.1968	14.08.1974
	1986–2010	31	03.06.1998	25.08.1992
Črnomelj	1961–1985	20	01.06.1979	14.08.1974
	1986–2010	46	03.06.1998	24.08.1992
Ljubljana	1961–1985	16	23.06.1965	04.09.1973
	1986–2010	45	03.06.1998	24.08.1992
Murska Sobota	1961–1985	10	01.06.1979	15.08.1974
	1986–2010	34	04.06.2003	20.08.1993
Rateče	1961–1985	0	/	/
	1986–2010	4	12.07.2010	08.08.2003

Za Ljubljano je predstavljeno pojavljanje, trajanje in intenzitete posameznih vročinskih valov v juniju (Slika 2), juliju (Slika 3) in avgustu (Slika 4). Najsvetlejša barva pomeni najvišjo dnevno temperaturo zraka, ki je zaokrožena na 30 °C. Bolj rdeči in temnejši odtenki pomenijo višje vrednosti temperature po barvni lestvici z ločljivostjo 1 °C, do 37 °C. Opazno je, da so se vročinski valovi začeli pogosteje pojavljati v juniju, zgostitev je opazna po letu 1996. Vročinski valovi v juliju se pojavljajo skozi celotno obdobje 1961–2015, vendar pa so v zadnjih desetih letih daljši, pogostejši in bolj intenzivni (rdeče, temnejše barve) ter s tem tudi bolj obremenilni za ljudi, rastline in živali (Šelb Šemerl in Tomšič, 2008; Adaptation to climate change impacts ..., 2013).

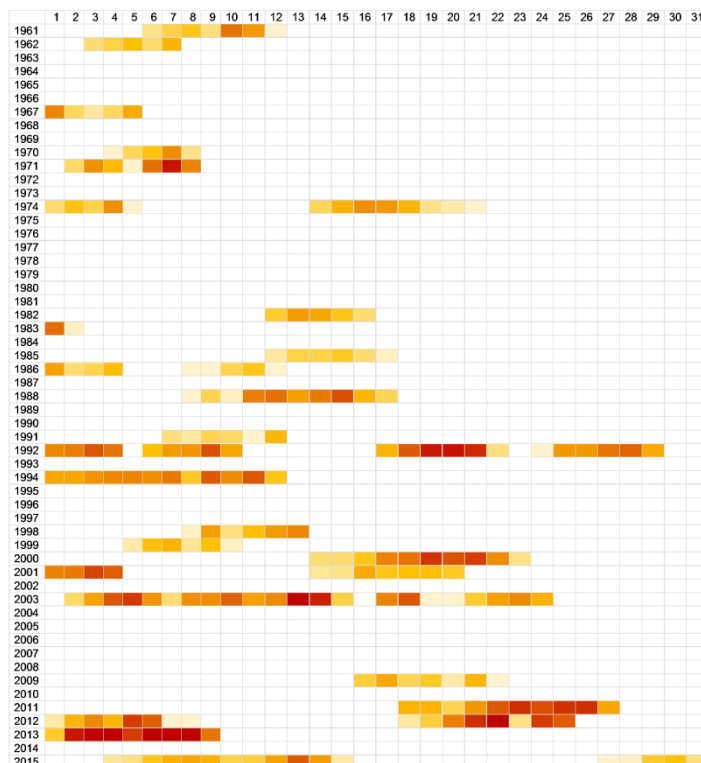
V avgustu se je spremenilo število in trajanje vročinskih valov. Do leta 1991 niso vročinski valovi nikoli (z izjemo leta 1973) segali v drugo polovico meseca avgusta. V zadnjih 25 letih je pojav vročinskih valov v drugi polovici meseca avgusta nekaj povsem običajnega. Poleg premika pojavljanja vročinskih valov se je povečala tudi njihova intenzivnost.



Slika 2: Pojavljanje in intenziteta vročinskih valov v juniju v Ljubljani v obdobju 1961—2015. Svetlo rumena označuje najvišjo dnevno temperaturo zraka, zaokroženo na 30 °C, bolj rdeče in temnejše barve pa po 1 °C višje najvišje dnevne temperature zraka.



Slika 3: Pojavljanje in intenziteta vročinskih valov v juliju v Ljubljani v obdobju 1961—2015. Svetlo rumena označuje najvišjo dnevno temperaturo zraka zaokroženo na 30 °C, bolj rdeče in temnejše barve pa po 1 °C višje najvišje dnevne temperature zraka.



Slika 4: Pojavljanje in intenziteta vročinskih valov v avgustu v Ljubljani v obdobju 1961—2015. Svetlo rumena označuje najvišjo dnevno temperaturo zraka zaokroženo na 30 °C, bolj rdeče in temnejše barve pa po 1 °C višje najvišje dnevne temperature zraka.

4 Sklepi

Število, trajanje in intenzivnost vročinskih valov se na izbranih meteoroloških postajah (Bilje, Celje, Črnomelj, Ljubljana, Murska Sobota in Rateče) povečuje. Pri analizi vročinskih valov smo opazili, da so se v zadnjih letih začeli pojavljati že v juniju, kar prej ni bilo običajno. V vseh izbranih krajih se je število vročinskih valov v obdobju 1986–2010 v primerjavi z obdobjem 1961–1985 povečalo za vsaj 1,3 krat (Bilje), v Ratečah pa so se v letu 2003 sploh prvič pojavili vročinski valovi.

Daljše obdobje visokih temperatur zraka močno obremenilno vpliva na ljudi, rastline in živali. Tako daljši manj intenziven vročinski val kot več krajših vročinskih valov z izjemno visokimi temperaturami lahko povzročijo sušni stres, pa čeprav na prvi pogled padavin ne primanjkuje. Potrebni bi bilo več analiz in raziskav, da bi točneje ovrednotili ta vpliv in povezave. Za potrebe kmetijstva bi bilo nujno razviti primeren vročinski indeks, ki bi odražal vpliv vročinskega stresa na kmetijsko pridelavo, saj je lahko na primer kljub primerni količini vode ob vročinskem valu pridelek manjši od pričakovanega, zmanjša pa se tudi produktivnost domačih živali. Prikazano analizo bomo nadgradili v naslednjih petih letih v okviru projekta Heat-Shield, ki poteka znotraj okvirnega programa EU Obzorje 2020.

5 Zahvala

Raziskava je bila finančno podprta s strani okvirnega programa EU za razvoj in inovacije Obzorje 2020 s pogodbo št. 668786. (This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 668786.)

Literatura

Adaptation to climate change impacts on human, animal and plant health (online). An EU strategy on adaptation to climate change. Evropska komisija. Bruselj. 2013. (citirano: februar 2016). Dostopno na: http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/docs/swd_2013_136_en.pdf

ARSO (Agencija Republike Slovenije za okolje). 2016. Izpis iz arhiva meteoroloških podatkov. Bertalanič, R., Demšar, M., Dolinar, M., Dvoršek, D., Nadbath, M., Pavčič, B., Roethel-Kovač, M., Vertačnik G., Vičar Z. *Spremenljivost podnebja v Sloveniji* (online). Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana. 2010. (citirano: februar 2016) Dostopno na: <http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/spremenljivost%20podnebja.pdf>

Cousineau, L. *Heat wave definition* (online). Climate change guide. (citirano: februar 2016) Dostopno na: <http://www.climate-change-guide.com/heat-wave-definition.html>

Evropska komisija. *Posledice podnebnih sprememb* (online). (citirano: februar 2016) Dostopno na: http://ec.europa.eu/clima/change/consequences/index_sl.htm

Hojs, A., Kukec, A., Perčič, S., Cegnar, T., Tomšič, S., Bitenc, K., Orožen, K. *Število umrlih v obdobju vročinskih valov* (online). Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. 2014. (citirano: februar 2016) Dostopno na: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=685

Kajfež Bogataj, L., Bergant, K., Črepinšek, Z., Cegnar, T., Sušnik, A. *Scenariji podnebnih sprememb kot temelj za oceno ogroženosti z vremensko pogojenimi naravnimi nesrečami v prihodnosti* (online). 2004. (citirano februar 2016) Dostopno na: http://www.sos112.si/slo/tdocs/crp_scenariji.pdf

Metoffice. *Heatwave* (online). 2015. (citirano: februar 2016) Dostopno na: <http://www.metoffice.gov.uk/learning/learn-about-the-weather/weather-phenomena/heatwave>

Podnebne razmere v Sloveniji (obdobje 1971-2000) (online). Agencija Republike Slovenije za okolje. 2006. (citirano: februar 2016) Dostopno na: http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/podnebne_razmere_Slo71_00.pdf

Robinson, P. J. *On the definition of a heat wave* (online). Journal of applied meteorology, 40: 762-775. 2001. (citirano: februar 2016) Dostopno na: [http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/15200450\(2001\)040%3C0762%3AOTDOAH%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/15200450(2001)040%3C0762%3AOTDOAH%3E2.0.CO%3B2)

Šelb Šemerl, J., Tomšič, S. *Vpliv vročinskih valov na umrljivost – vročinski val avgusta 2003 v Sloveniji* (online). Inštitut za varovanje zdravja, Ljubljana. 2008. (citirano: februar 2016) Dostopno na: http://ec.europa.eu/health/ph_information/dissemination/unexpected/docs/vpliv.pdf

Vreme in podnebje (online). Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje. (citirano: februar 2016) Dostopno na: <http://www.arso.gov.si/vreme/>