

Kratki znanstveni prispevek

Napovedi o zdravju gozdov, 2017


DOI: [10.20315/NZG.33](https://doi.org/10.20315/NZG.33)


# Fenološki model za osmerozobega smrekovega lubadarja (*Ips typographus*) RITY-1 na območju Slovenije

**Nikica OGRIS\***

Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

\*[nikica.ogris@gozdis.si](mailto:nikica.ogris@gozdis.si)

 Datum izdaje: 09.02.2017

 Veljavnost: 2016

**Glavne besede:** razvoj, fenologija, napoved, prognoza, podlubnik, model, temperatura zraka, temperatura skorje, navadna smreka, *Picea abies*, PHENIPS, razvojna faza, čista generacija, sestrška generacija, jajčece, ličinka, buba, hrošč, rojenje, napad

## Uvod

Osmerozobi smrekov lubadar (*Ips typographus* Linnaeus, 1758) velja za eno ekonomsko najpomembnejših vrst podlubnikov na navadni smreki (*Picea abies* (L.) H. Karst.) v Srednji Evropi (Wermelinger in Seifert, 1998.; Wermelinger, 2004; Vega in Hofstetter, 2015). V skladu s Pravilnikom o varstvu gozdov (2009) v Sloveniji poteka redno spremljanje gostote populacije smrekovih podlubnikov. Za namen ugotavljanja prekomerne namnožitve smrekovih lubadarjev se uporabljajo kontrolne pasti s specifičnimi feromonskimi pripravki ter kontrolne nastave. Obstoječi sistem kontrolnih feromonskih pasti za spremljanje gostote populacije smrekovih lubadarjev je enoten za celotno območje Slovenije in ne upošteva lokalnih razlik v geografskih, klimatskih in ekoloških značilnostih posameznih območij, ki pomembno vplivajo na populacijsko dinamiko smrekovih lubadarjev.

V srednji Evropi se za spremljanje razvoja osmerozobega smrekovega lubadarja pogosto uporablja fenološki model PHENIPS (Baier in sod., 2007; Berec in sod., 2013). Model PHENIPS omogoča natančno določitev datuma prvega rojenja in datum konca prve generacije hroščev v odvisnosti od lokalnih klimatskih in geografskih razmer. Cilj naše raziskave je bil implementirati in prilagoditi fenološki model PHENIPS (Baier in sod., 2007) za simulacijo sezonskega razvoja te vrste v prostoru in času na območju Slovenije. Naš model smo poimenovali RITY-1, kar je kratica za Razvoj *Ips Typographus*, različica 1. Validiran in kalibriran model bo omogočil pravočasno postavitve kontrolnih pasti, zanesljivejšo oceno gostote populacij na celotnem območju Slovenije in zanesljivejšo napovedovanje prekomernih namnožitev osmerozobega smrekovega lubadarja. Rezultati modela RITY-1 bodo potencialno omogočili pravočasno načrtovanje ukrepov ob prekomernih namnožitvah, s čimer se bo povečala verjetnost za preprečitev škode v gozdovih zaradi osmerozobega smrekovega lubadarja.

## Metode

Vhodni podatki v model so minimalna, povprečna in maksimalna dnevna temperatura zraka ter lokacija (koordinati X in Y). Vir podatkov za temperaturo zraka je sistem INCA (Haiden in sod., 2011; Šajn Slak in sod., 2012), ki ima prostorsko ločljivost 1 km × 1 km, meteorološke spremenljivke napove za 12 ur naprej s korakom ene ure. Podatke INCA pripravlja Agencija Republike Slovenije za okolje (ARSO). Vgradili smo tudi možnost napovedi razvoja *I. typographus* za sedem dni vnaprej in za ta namen smo uporabili podatke o temperaturi zraka numeričnega meteorološkega modela ALADIN-SI (Pristov in sod., 2012).

Prostorska ločljivost modela RITY-1 je  $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$ , kar je pogojeno s podatki o temperaturi zraka iz sistema INCA. Časovna ločljivost modela je en dan. Model se izračuna samodejno vsak dan med 1. aprilom in 31. oktobrom. Izračun lahko naredimo za poljubno lokacijo v Sloveniji od leta 2016 naprej. Z modelom RITY-1 lahko izračunamo potencialni dan, ko nastopi rojenje, napad drevesa, začetek in konec razvoja posameznih čistih in sestrskih generacij in spremljamo lahko razvoj osmerozobega smrekovega lubadarja po razvojnih fazah od jajčeca, ličinke, bube, mladega hrošča do odrasle žuželke. Dodali smo možnost izračuna napovedi pojava slednjih dogodkov v naslednjih sedmih dneh od obravnavanega datuma.

V tem prispevku uporabljamo naslednjo definicijo čiste in sestrške generacije: sestrška generacija je tista, ki se je razvila iz jajčec, ki jih je samica odložila po dopolnilnem (regeneracijskem) žrtju, ki ga je opravila potem, ko je odložila prvo količino jajčec (čisto generacijo) (Jurc, 2008; Kasumović, 2016).

Postopek izračuna fenološkega modela RITY-1 za poljubno lokacijo s koordinatama X in Y je naslednji (prilagoditev modela PHENIPS avtorjev Baier in sod., 2007):

1. Izračun dolžine dneva (h) glede na geografsko širino izbrane lokacije in izbrani dan po postopku NOAA (2010).

2. Pridobitev podatkov o dnevni temperaturi zraka za izbrano lokacijo iz sistema INCA:

$T_{\min}$  = minimalna temperatura zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{\text{avg}}$  = povprečna temperatura zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_{\max}$  = maksimalna temperatura zraka ( $^{\circ}\text{C}$ ). Temperatura zraka se nanaša na povprečno nadmorsko višino modelske celice. Uporabnik lahko izbere možnost, ali želi uporabiti interpolacijo temperature zraka na točno določeno lokacijo, kjer je upoštevana razlika v temperaturi zraka, ki nastane zaradi razlike v nadmorski višini. Izračun z interpolacijo traja dlje. Interpolacija poteka tako, da vzamemo 16 najbližjih modelskih celic glede na izbrano lokacijo, iz njih pridobimo temperaturo zraka (odvisna spremenljivka Y), nadmorsko višino modelske celice (neodvisna spremenljivka X) in izračunamo linearno regresijo. Nato z regresijsko premico izračunamo (interpoliramo) temperaturo zraka glede na nadmorsko višino izbrane lokacije. Slednji postopek izboljša oceno temperature zraka predvsem v modelskih celicah z zelo razgibanim reliefom. Za izračun nadmorske višine izbrane lokacije uporabljamo digitalni model višin v prostorski ločljivosti  $12,5 \text{ m} \times 12,5 \text{ m}$  (GURS, 2006).

3. Izračun manjkajočih podatkov o temperaturi zraka. V primeru, da za kakšen dan za izbrano lokacijo ni na voljo podatka o temperaturi zraka, manjkajoči podatek izračunamo s pomočjo linearne regresije za zadnjih sedem dni pred manjkajočim podatkom.

4. Napoved temperature zraka za naslednjih sedem dni. Napoved temperature zraka na izbrani lokaciji izvedemo na podlagi trenda temperature, ki ga ugotovimo na podlagi sedem dnevnega intervala: za prejšnjih štiri dni od izbranega datuma je vir podatkov model INCA (izmerjene vrednosti), za naslednje tri dni od izbranega datuma je vir podatkov napoved temperature modela ALADIN-SI. Trend temperature izračunamo s pomočjo linearne regresije s formulo:  $T = a \times YD + b$ , kjer je  $T$  = temperatura zraka,  $YD$  = dan v letu,  $a$  in  $b$  sta parametra linearnega modela. Iz modela ALADIN-SI pridobimo napoved temperature zraka za tri dni naprej, z izračunanim regresijskim modelom izračunamo napoved še za dodatne štiri dni, tj. skupaj sedem dni.

5. Izračun datuma pričetka rojenja. Datum pričetka rojenja nastopi, kadar  $T_{\max} > 16,5^{\circ}\text{C}$  in  $TS \geq 60^{\circ}\text{C}$ , kjer  $TS$  = kumulativna vsota efektivnih temperatur nad pragom  $8,3^{\circ}\text{C}$  od 1. aprila naprej, tj.  $TS = \sum (T_{\max} - 8,3)$  (Wermelinger, 2004; Baier in sod., 2007).

6. Izračun datuma prvega napada ( $YD_{\text{napad}}$ ).

$YD_{\text{napad}}$  nastopi, kadar  $T_{\max} > 16,5^{\circ}\text{C}$  in  $TS \geq 140^{\circ}\text{C}$  (Baier in sod., 2007)

7. Izračun kumulativne efektivne temperature skorje potrebne za razvoj prve generacije (Baier in sod., 2007; NW-FVA, 2010):

$Tsum_{F1} = \sum BT_{eff} / K$ , ko  $YD \geq YD_{napad}$ , kjer  $K = 557 \text{ }^{\circ}\text{C}$  (potrebna vsota efektivnih temperatur za popolni razvoj ene generacije),  $BT_{eff}$  = efektivna temperatura skorje, če  $KT \leq T_O$ ,  $BT_{eff}$  (linearna funkcija) =  $KT - 8,3$ , če  $KT > T_O$ ,  $BT_{eff}$  (nelinearna funkcija, Wermelinger in Seifert, 1998) =  $(T_O - DT_L) \times (e^{\alpha \times KT} - e^{(\alpha \times TT_{max} - (TT_{max} - KT)/B) - \gamma})$ ,  $\alpha = 0,029$ ;  $B = 3,592$ ;  $\gamma = 1,247$ ;  $T_O$  (optimalna temperatura) =  $30,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $DT_L$  (spodnji temperaturni prag) =  $8,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  $TT_{max} = 40,996 \text{ }^{\circ}\text{C}$ . Izračunamo tri efektivne temperature skorje glede na tri temperature skorje,  $BT_{eff_{min}}$  ( $KT_{min}$ ),  $BT_{eff_{avg}}$  ( $KT_{avg}$ ),  $BT_{eff_{max}}$  ( $KT_{max}$ ), kjer  $KT_{min}$  = temperatura skorje =  $T_{min} \times 1,23 - 0,98$ ,  $KT_{avg} = T_{avg} \times 1,23 - 0,98$ ,  $KT_{max} = T_{max} \times 1,23 - 0,98$  (NW-FVA, 2010). Če je bila temperatura skorje manjša od spodnjega temperaturnega pragu  $DT_L$  ali večja od zgornjega temperaturnega praga ( $DT_U = 38,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), smo efektivno temperaturo skorje postavili na nič ( $KT \leq 8,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ali  $KT \geq 38,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $BT_{eff} = 0$ ), kar pomeni, da se je v tem primeru razvoj osebkov *I. typographus* zaustavil, ko je bila temperatura spet ugodna, se je njihov razvoj nadaljeval.

8. Izračun nastopa in razvoj prve sestrške generacije (S1). Za sestrsko generacijo štejemo tisto, ki se je razvila iz jajčec, ki jih je samica odložila po regeneracijskem žrtju (Jurc, 2008; Kasumović, 2016). Najprej izračunamo dan v letu, ko se razvoj sestrške generacije prične:  $YD_{S1}$ , ko  $Tsum_{F1} > 0,5$  in  $T_{max} > 16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in dolžina dneva  $\geq 14,5$  h. Potem naredimo vsoto efektivnih temperatur skorje: ko je  $YD \geq YD_{S1}$ ,  $Tsum_{S1} = \sum BT_{eff} / K$

9. Izračun nastopa ter razvoj druge (F2) in tretje (F3) čiste generacije ter njihovih vsot efektivnih temperatur skorje glede na potrebno temperaturno vsoto za popolni razvoj ( $K = 557 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ):

$YD_{F2}$ , če  $Tsum > 1$  in  $T_{max} > 16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in dolžina dneva  $\geq 14,5$  h

ko  $YD \geq YD_{F2}$ ,  $Tsum_{F2} = \sum BT_{eff} / K$

$YD_{F3}$ , če  $Tsum > 2$  in  $T_{max} > 16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in dolžina dneva  $\geq 14,5$  h

ko  $YD \geq YD_{F3}$ ,  $Tsum_{F3} = \sum BT_{eff} / K$

Zgoraj navedeni vzorec ponavljamo za izračun morebitnih dodatnih čistih generacij.

10. Izračun nastopa ter razvoj druge (S2) in tretje (S3) sestrške generacije.

$YD_{S2}$ , ko  $Tsum > 1,5$  in  $T_{max} > 16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in dolžina dneva  $\geq 14,5$  h

ko  $YD \geq YD_{S2}$ ,  $Tsum_{S2} = \sum BT_{eff} / K$

$YD_{S3}$ , ko  $Tsum > 2,5$  in  $T_{max} > 16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  in dolžina dneva  $\geq 14,5$  h

ko  $YD \geq YD_{S3}$ ,  $Tsum_{S3} = \sum BT_{eff} / K$

Za izračun morebitnih dodatnih sestrskih generacij ponavljamo zgoraj navedeni vzorec.

11. Napoved začetka razvoja čistih in sestrskih generacij. Glede na trend temperature zraka za zadnji teden (točka 4.), model napove pričetek rojenja ter razvoj čistih in sestrskih generacij za sedem dni v naprej.

12. Model upošteva dolžino dneva, ki vpliva na nastop diapavze, ko se žuželka ne razmnožuje več. Diapavze pri osmerozobem smrekovem lubadarju nastopi, ko je dolžina dneva manjša kot 14,5 ur (Baier in sod., 2007).

13. Če je obravnavani datum večji ali enak kot 31. oktober, sledi preverjanje verjetnosti preživetja zime. Če je relativna vsota efektivnih temperatur večja kot 60 % potrebne temperaturne vsote za popolni razvoj ( $Tsum_{FX} \geq 0,6$ ), potem je začeta generacija dokončala razvoj do razvojne faze bube in lahko uspešno preživi zimo v razvojni fazi mlade odrasle žuželke. Generacije z relativno temperaturno vsoto manjšo kot 0,6 ne preživijo zime in niso upoštevane pri izračunu potencialnega

števila generacij na leto (Baier in sod., 2007).

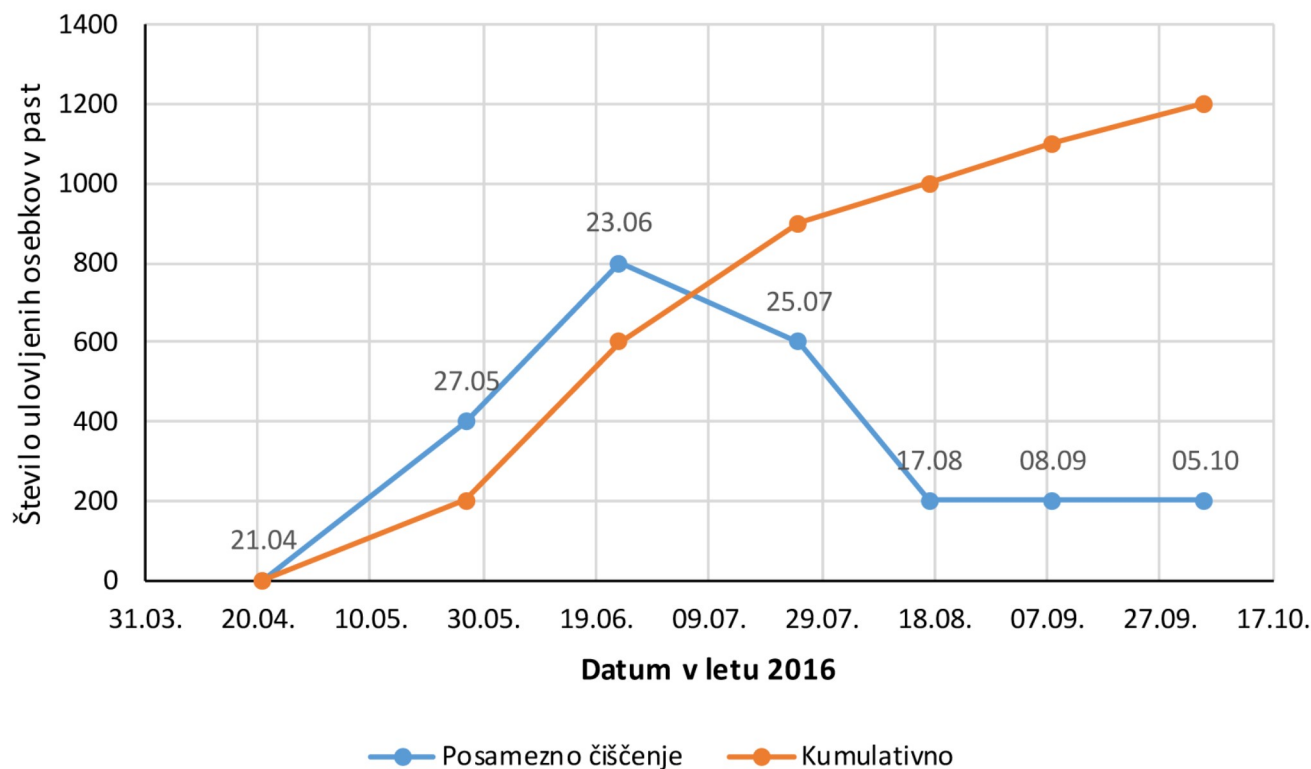
Model smo implementirali v spletni interaktivni aplikaciji, kjer uporabnik določi zelen kraj, leto obravnave in izbere ali želi uporabiti interpolacijo temperature zraka na točno določeno lokacijo glede na njeno nadmorsko višino. Lahko izbiramo med 14. izbranimi kraji ali pa iz interaktivne karte izberemo poljubni kraj v Sloveniji. Na voljo imamo tudi ročen vnos koordinat za poljubno lokacijo v Sloveniji. Rezultat poizvedbe na spletni aplikaciji so štirje grafikoni: razvoj čistih generacij, razvoj sestrskih generacij, temperatura zraka in efektivna temperatura skorje. Poleg naštetih grafikonov, sta rezultat spletne aplikacije tudi preglednici z izračunanim razvojem in napovedjo razvoja *I. typographus* v naslednjih sedmih dneh za izbrano lokacijo.

Spletna aplikacija je javna in je na voljo na naslednjem naslovu:

[http://www.zdravgozd.si/prognoze\\_zapis.aspx?idpor=32](http://www.zdravgozd.si/prognoze_zapis.aspx?idpor=32)

## Rezultati z razpravo

Delovanje modela smo preverili na primeru kontrolne pasti tipa Theysohn, ki je bila postavljena 21. 4. 2016 na Stegovniku na Jezerskem (X = 455.992 m, Y = 138.888 m, koordinatni sistem D48) na nadmorski višini 1.307 m. Za lov je bila uporabljena feromonska vaba IT Ecolure Tubus Maxi (Fytofarm, Slovaška). V pasti se je ulov spremljal sedem krat, tj. od 21. 4. do 5. 10. 2016 (slika 1). Prvi večji ulov v pasti je bil zabeležen 27. 5. 2016, kar nakazuje, da se je rojenje osmerozobega smrekovega lubadarja pričelo enkrat do tega datuma. Izračun modela RITY-1 je predvidel pričetek rojenja 21. 5. 2016, pričetek razvoja 1. generacije pa 26. 5. 2016 (preglednica 1), kar ustreza opazovanju na terenu.



**Slika 1:** Število ulovljenih osebkov v kontrolni pasti za ulov smrekovih podlubnikov na Stegovniku v letu 2016 (dvojna past).

Na grafu sta prikazani dve krivulji: št. osebkov ob posameznem ulovu in kumulativen seštevek ulova v kontrolni pasti (preračunano na eno past) (ZGS, 2016).

**Preglednica 1:** Razvoj osmerozobega smrekovega lubadarja na lokaciji kontrolne pasti na Stegovniku v 2016, kakor ga je predvidel model RITY-1

Dogodek	Datum
Pričetek rojenja	22. 05. 2016
Pričetek 1. čiste generacije	26. 05. 2016



Pričetek 2. čiste generacije

21. 07. 2016

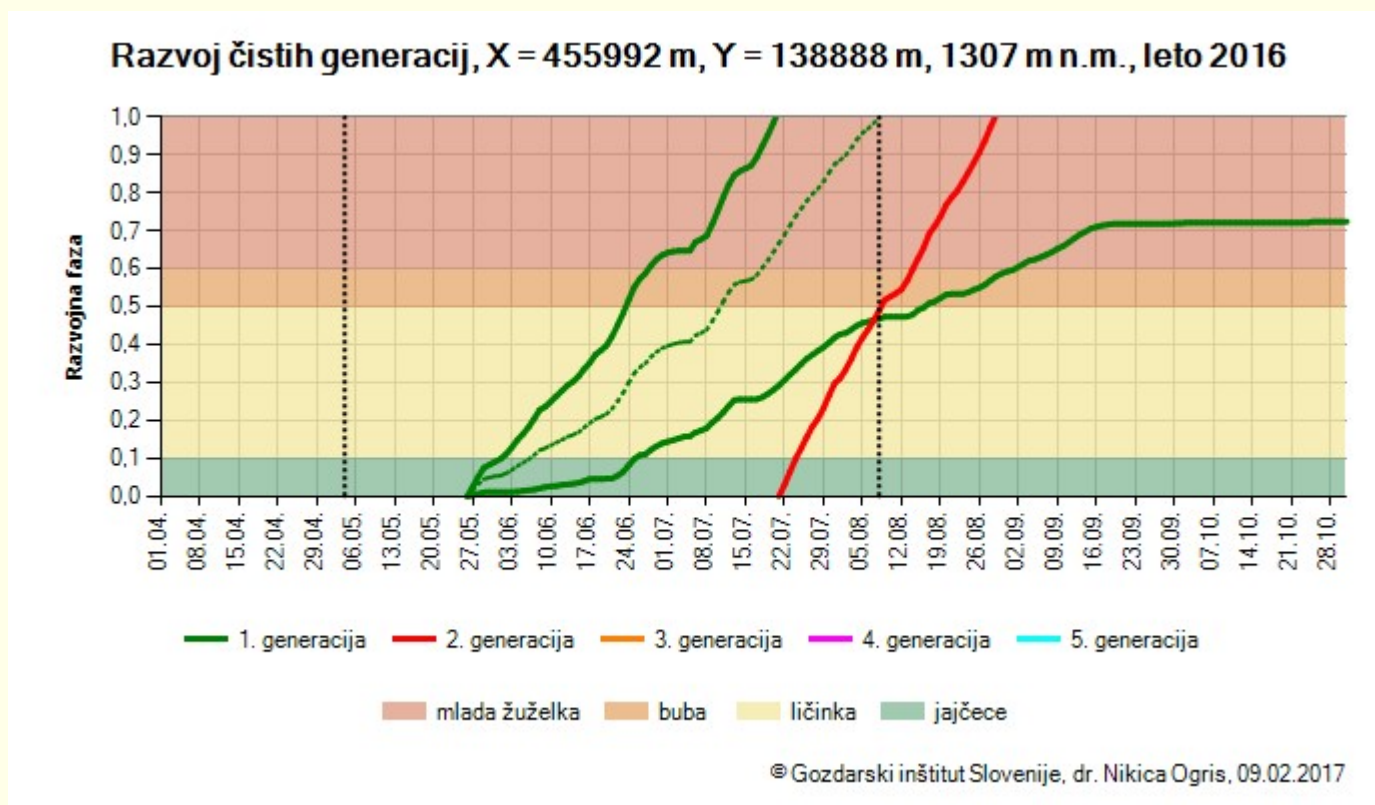
Pričetek 1. sestrске generacije

24. 06. 2016

Pričetek 2. sestrске generacije

08. 08. 2016

Ulov v kontrolni pasti je kulminiral 23. 6. 2016, ko je bilo ujetih 800 osebkov, potem pa je ulov pričel upadati in je od 17. 8. do 5. 10. ostal na enaki ravni, tj. vsakokratni ulov je znašal 200 osebkov *I. typographus* (slika 1). Model je napovedal, da se je druga generacija pričela razvijati 21. 7. 2016 (najzgodnejša možnost) (preglednica 1, slika 2). Razvoj druge generacije se je končal 29. 8. 2016 glede najhitrejšo možnost razvoja. Diapavza je verjetno nastopila po 8. 8. 2016, ko je bila dolžina dneva krajša kot 14,5 ur, ki predstavlja omejitev za razmnoževanje *I. typographus*.

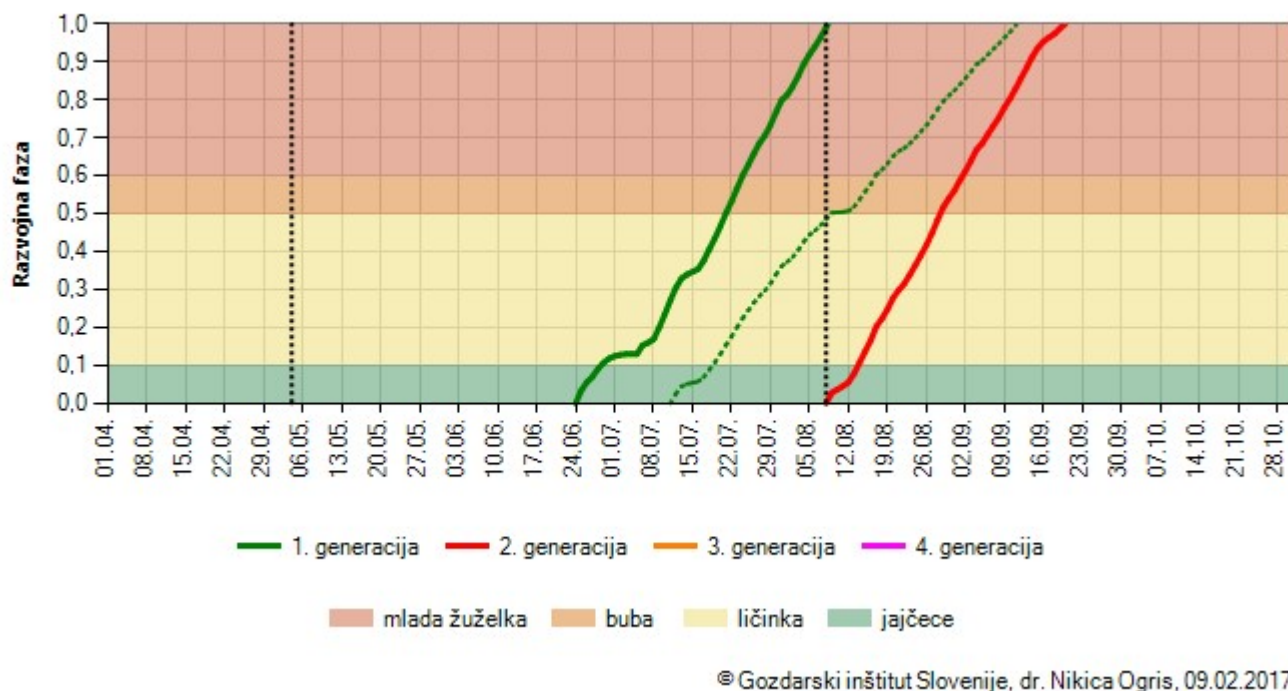


**Slika 2:** Razvoj čistih generacij osmerozobega smrekovega lubadarja na lokaciji kontrolne pasti na Stegovniku v 2016, kakor ga je predvidel model RITY-1.

Črte enake barve predstavljajo najhitrejši (prva neprekinjena črta z leve) in najpočasnejši (druga neprekinjena črta z leve) možen potek razvoja določene generacije, črtkana črta pa prikazuje srednjo možnost. Črni črtkani navpični črti prikazujeta prag dolžine dneva 14,5 h, ko nastopi diapavza. Ordinata prikazuje razvojno fazo ali relativno vsoto efektivnih temperatur na intervalu od 0 do 1 glede na temperaturno vsoto 557 °C, ki je potrebna za razvoj ene generacije.

Model je predvidel pričetek razvoja prve sestrске generacije 24. 6. 2016 (najzgodnejša možnost) (preglednica 1, slika 3), 11. 7. 2016 glede na srednjo možnost, glede na najbolj pozno možnost pa je obstajala verjetnost, da se razvoj sploh ne bi pričel. Po najhitrejši možnosti se je razvoj prve sestrске generacije končal 8. 8. 2016, ob istem času se je pričel razvoj druge sestrске generacije. Razvoj druge sestrске generacije se prične, ko samica prve čiste generacije po regeneracijskem žrtju ponovno prične z odlaganjem jajčec. Model domneva, da se slednje zgodi, ko razvoj druge čiste generacije doseže 50 %. Razvoj druge sestrске generacije (najzgodnejša možnost) se je zaključil 20. 9. 2016. Vse možnosti razvoja čistih in sestrskih generacij so do 31. 10. 2016 dosegle stopnjo razvoja nad 60 %, kar predstavlja razvojno fazo mladih hroščev. Zato predvidevamo, da bi mladi hrošči v primeru najpočasnejše možnosti razvoja prve čiste generacije verjetno preživeli zimo, saj so dosegli stopnjo razvoja 72 %. Modelski izračun je pokazal, da sta se na obravnavani lokaciji po srednji možnosti verjetno razvili ena čisti in ena sestrska generacija, po najhitrejši možnosti dve čisti in dve sestrski generaciji, glede na najpočasnejšo možnost ena čista in nobena sestrska generacija.

### Razvoj sestrskih generacij, X = 455992 m, Y = 138888 m, 1307 m n.m., leto 2016

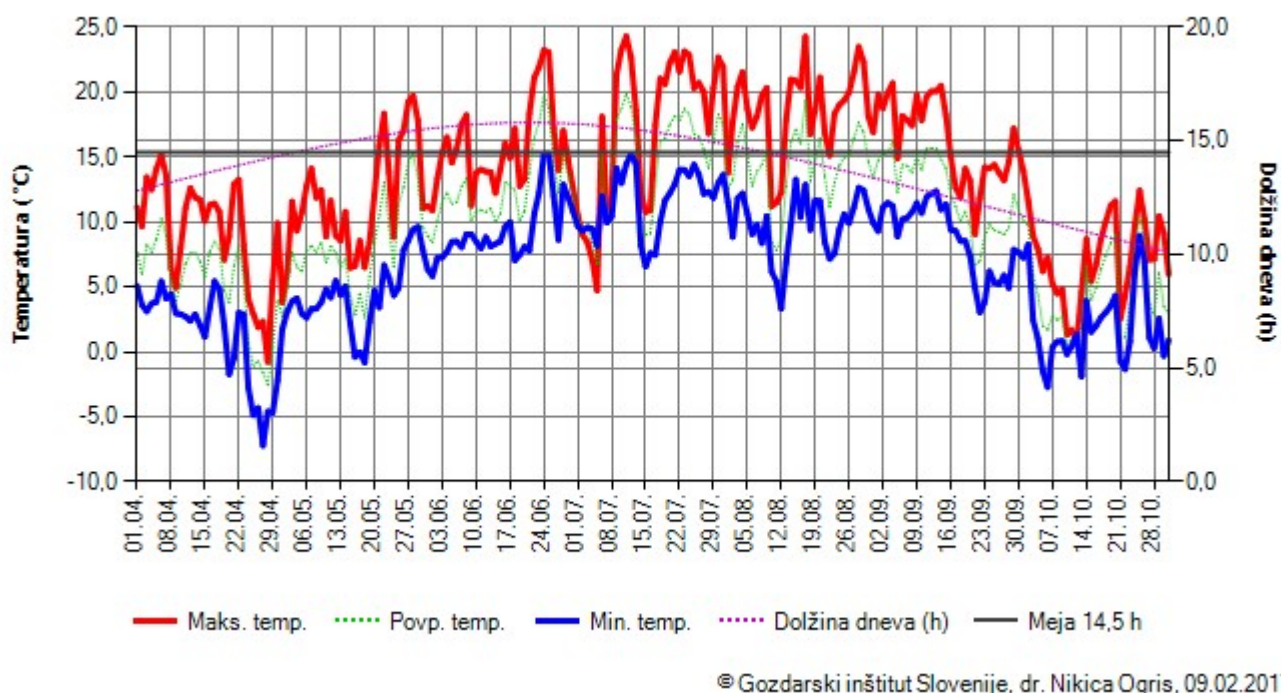


**Slika 3:** Razvoj sestrskih generacij osmerozobega smrekovega lubadarja na lokaciji kontrolne pasti na Stegovniku v 2016, kakor ga je predvidel model RITY-1.

Črte enake barve predstavljajo najhitrejši (prva neprekinjena črta z leve) in najpočasnejši (druga neprekinjena črta z leve) možen potek razvoja določene generacije, črtkana črta pa prikazuje srednjo možnost. Črni črtkani navpični črti prikazujeta prag dolžine dneva 14,5 h, ko nastopi diapavza. Ordinata prikazuje razvojno fazo ali relativno vsoto učinkovitih temperatur na intervalu od 0 do 1 glede na temperaturno vsoto 557 °C, ki je potrebna za razvoj ene generacije.

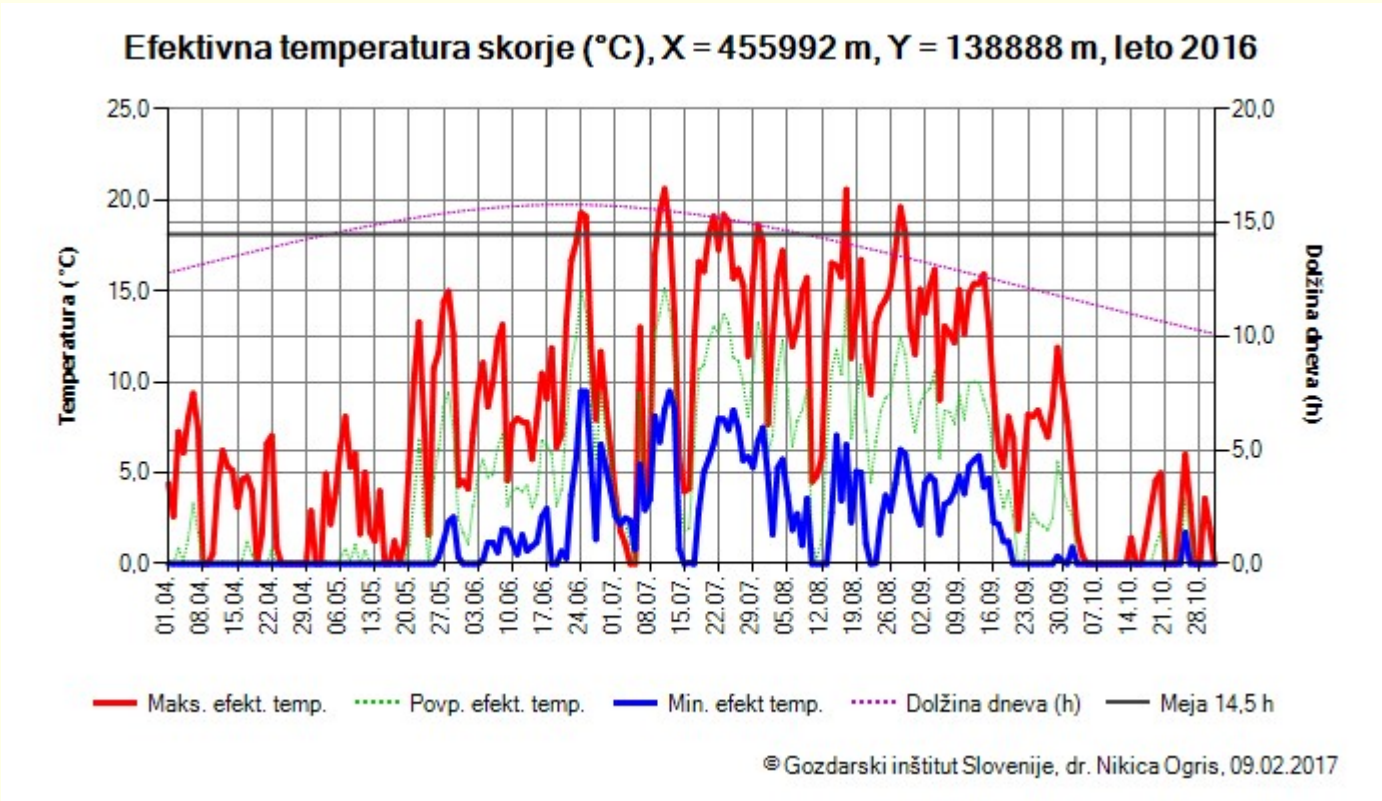
Povprečna dnevna temperatura zraka na lokaciji kontrolne pasti se je gibala od -2,5 do 19,9 °C, maksimalna dnevna temperatura zraka od -0,8 do 24,3 °C in minimalna dnevna temperatura zraka od -7,2 do 15,3 °C (slika 4). Povprečna dnevna efektivna temperatura skorje je bila na intervalu 0-15,2 °C, najmanjša dnevna efektivna temperatura skorje bila med 0 in 9,5 °C, največja pa 0-20,6 °C (slika 5).

### Temperatura zraka (°C), X = 455992 m, Y = 138888 m, 1307 m n.m., leto 2016





Slika 4: Temperatura zraka na lokaciji kontrolne pasti na Stegovniku v 2016 (ARSO)



Slika 5: Efektivna temperatura skorje na lokaciji kontrolne pasti na Stegovniku v 2016

Izbrana kontrolna past na Stegovniku je bila postavljena na zelo razgibanem reliefu, kjer na kratkih razdaljah zasledimo velike razlike v nadmorski višini (v izbrani modelski celici 1.158-1.675 m n.m.) in posledično tudi v temperaturi zraka. Nadmorska višina modelske celice, v kateri se je nahajala izbrana past, je bila 1.124 m. Dejanska nadmorska višina izbrane lokacije je bila 1.307 m, kar je za 183 m več od višine modelske celice, ki predstavlja povprečno nadmorsko višino modelske celice. Naredili smo primerjavo modelskega razvoja *I. typographus* med ne korigirano in korigirano temperaturo zraka glede na nadmorsko višino (preglednica 2). Ne korigiran izračun je za začetek rojenja predvidel 21. 5. 2016, korigiran izračun pa en dan kasneje, tj. 22. 5. 2016. Pričetek prve generacije je bil pri ne korigiranem izračunu za pet dni hitrejši. Pri drugi generaciji je bila razlika že večja, tj. deset dni. Pri razvoju sestrskih generacij smo opazili podobno pravilo, v primeru ne korigirane temperature, je bil začetek razvoja zgodnejši, saj je bila upoštevana temperatura zraka na nadmorski višini 183 m nižje od dejanske.

Preglednica 2: Razvoj osmerozobega smrekovega lubadarja na lokaciji kontrolne pasti na Stegovniku v 2016, kakor ga je predvidel model RITY-1 brez in z interpolacijo (korekcijo) temperature zraka glede na nadmorsko višino kontrolne pasti.

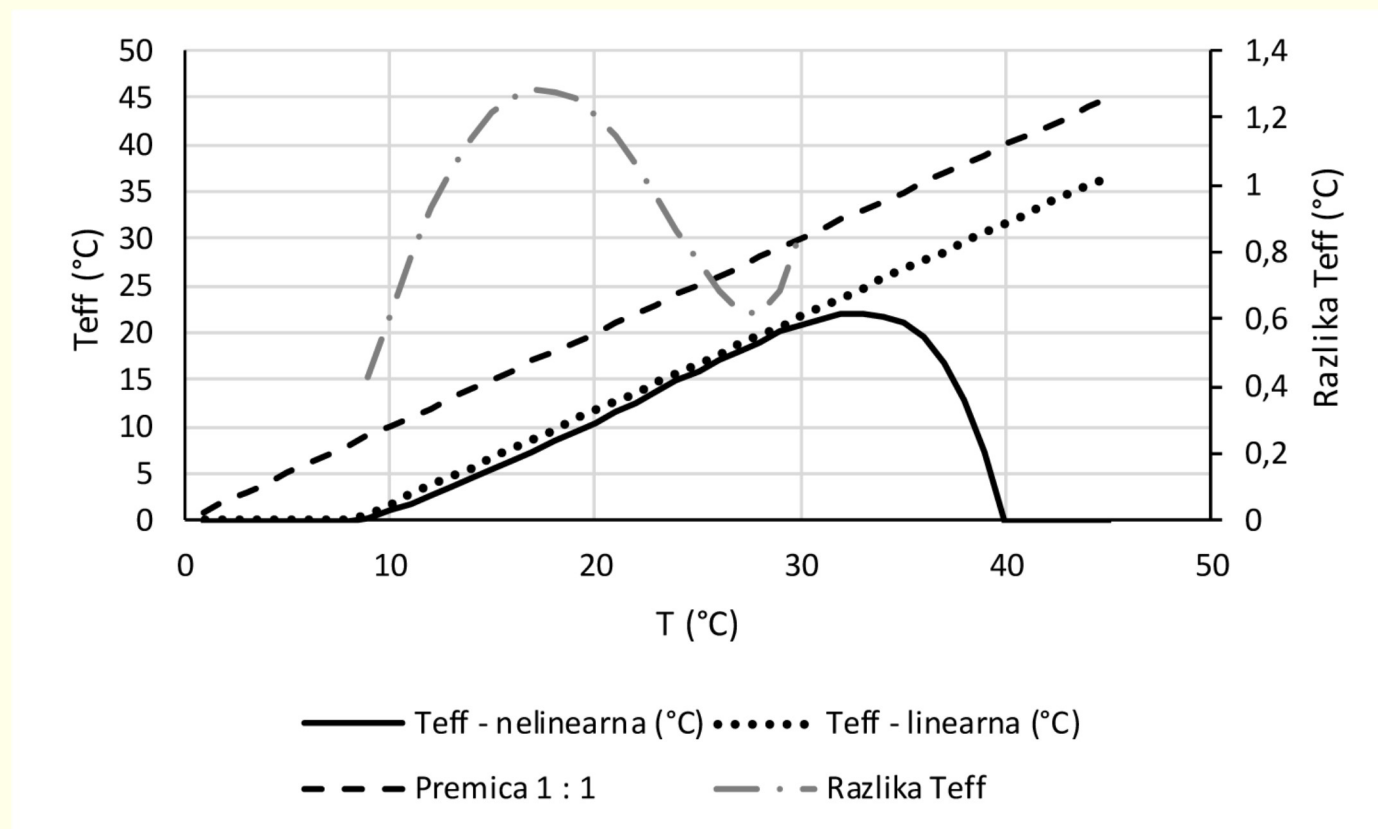
Dogodek	Datum - ne korigirana temperatura	Datum - interpolirana temperatura
Pričetek rojenja	21. 05. 2016	22. 05. 2016
Pričetek 1. generacije	21. 05. 2016	26. 05. 2016
Pričetek 2. generacije	11. 07. 2016	21. 07. 2016
Pričetek 1. sestrške generacije	16. 06. 2016	24. 06. 2016
Pričetek 2. sestrške generacije	28. 07. 2016	08. 08. 2016

Fenološki model RITY-1, ki ga opisujemo tukaj, je v osnovi enak modelu PHENIPS (Baier in sod., 2007) z naslednjimi razlikami:

PHENIPS za izračun temperature zraka in temperature skorje uporablja topografsko-klimatski

model, katerega vhodni podatki so potencialno sončno obsevanje in nadmorska višina. RITY-1 za temperaturo zraka uporablja podatke modela INCA, ki jih pripravlja ARSO, z dodatno možnostjo interpolacije temperature na izbrano točko glede na njeno nadmorsko višino.

- PHENIPS izračuna temperaturo skorje na osnovi povprečne dnevne temperature zraka in ocenjenega sončnega obsevanja na izbrani lokaciji. RITY-1 izračuna temperaturo skorje iz temperature zraka po naslednji formuli:  $KT = T \times 1,23 - 0,98$ , kjer je  $T$  = temperatura zraka v °C (NW-FVA, 2010).
- PHENIPS za izračun efektivne temperature skorje uporablja posebno korekcijo v primeru, ko temperatura skorje preseže optimalno temperaturo  $T_0$ : izračunali so razliko med efektivno temperaturo skorje kakor jo predvidi linearni in nelinearni model; za korekcijo so uporabili poseben model, ki je pojasnjeval korelacijo med dnevno maksimalno temperaturo skorje in prej opisano razliko. Ker PHENIPS za izračun temperature zraka in skorje poteka drugače kot v primeru RITY-1, njihove korekcije ni bilo mogoče uporabiti. Brez slednje korekcije, obstaja možnost, da RITY-1 nekoliko precenjuje efektivno temperaturo skorje v primerih, ko temperatura skorje preseže optimalno temperaturo. Za namen izračuna efektivne temperature skorje, ko le ta preseže optimalno temperaturo  $T_0$ , RITY-1 uporablja formulo  $BT_{eff}$  (7. točka), ki je v osnovi nelinearna funkcija, ki domneva, da je povezava med dejansko in efektivno temperaturo skorje linearna na intervalu  $DT_L$  in  $T_0$ , na intervalu od  $T_0$  do  $DT_U$  pa je ta povezava nelinearna (Baier in sod., 2007). Če je bila temperatura skorje manjša od spodnjega temperaturnega pragu ( $DT_L$ ) ali večja od zgornjega temperaturnega praga ( $DT_U$ ), smo efektivno temperaturo skorje ( $BT_{eff}$ ) postavili na nič (slika 6).



**Slika 6:** Povezava med dejansko temperaturo skorje in efektivno temperaturo skorje za razvoj osmerozobega smrekovega lubadarja.

Teff nelinearna - efektivna temperatura skorje glede na nelinearno enačbo v 7. točki, Teff linearna - efektivna temperatura skorje glede na linearen model, ki uporablja samo spodnji temperaturni prag za razvoj, tj. 8,3 °C, Razlika Teff - razlika med Teff nelinearna in linearna na intervalu do optimalne temperature 30,4 °C (prilagojeno po Baier in sod., 2007).

Model, ki ga opisujemo v tem prispevku, še ni preverjen in kalibriran za območje Slovenije. To bomo storili v okviru projekta Razvoj metod zaznavanja poškodb iglavcev zaradi smrekovih in jelovih podlubnikov ter izdelava modelov za napovedovanje namnožitev smrekovih in jelovih podlubnikov v slovenskih razmerah, ki se je začel v 2016 in traja do 2019. Model je še v razvojni fazi in ga bomo tekom projekta še preverili in izboljšali.



Model omogoča izračun potencialnega razvoja osmerozobega smrekovega lubadarja za poljubno točko v Sloveniji. Spletna aplikacija je javna in vsak lastnik gozdov si lahko za svoj gozd izdela modelski izračun in predvidi fenologijo osmerozobega smrekovega lubadarja na konkretni lokaciji.

## Zahvala

Raziskava je nastala v okviru projekta Razvoj metod zaznavanja poškodb iglavcev zaradi smrekovih in jelovih podlubnikov ter izdelava modelov za napovedovanje namnožitev smrekovih in jelovih podlubnikov v slovenskih razmerah (V4-1623), ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano ter Javna agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije iz državnega proračuna. Zahvaljujemo se Zavodu za gozdove Slovenije za podatke o ulovu podlubnikov v kontrolni pasti na Stegovniku za leto 2016 in recenzentoma za vse izboljšave članka.

## Viri

- ARSO. 2016. Podatki sistema INCA. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje.
- Baier P., Pennerstorfer J., Schopf A. 2007. PHENIPS - A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tool for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 249: 171-186.
- Berec L., Doležal P., Hais M. 2013. Population dynamics of *Ips typographus* in the Bohemian Forest (Czech Republic): Validation of the phenology model PHENIPS and impacts of climate change. *Forest Ecology and Management*, 292: 1-9.
- GURS, 2006. Digitalni model višin 12,5 m. Geodetska uprava Republike Slovenije.
- Haiden T., Kann A., Wittmann C., Pistotnik G., Bica B., Gruber C. 2011. The Integrated Nowcasting through Comprehensive Analysis (INCA) system and its validation over the eastern Alpine region. *Weather and Forecasting*, 26, 2: 166-183.
- Jurc M. 2008. Gozdna zoologija. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 348 str.
- Kasumović L. 2016. Prilagodba razvojnega ciklusa, prezimljanja i prostorne distribucije smrekovih potkornjaka (*Ips typographus* L. i *Pityogenes chalcographus* L.) u odnosu na temeljne stanišne čimbenike. Doktorski rad. Zagreb, Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu: 324 str.
- NOAA. 2010. NOAA Solar Calculator. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/calcdetails.html> (3. 1. 2017)
- NW-FVA. 2010. Decision Support System - Wald und Klimawandel (DSS - WuK): Buchdruckermodell. <http://www.dss-wuk.de/hintergrund/modelle/buchdruckermodell/> (3. 1. 2017)
- Pravilnik o varstvu gozdov (Uradni list RS, št. 114/09 in 31/16)
- Pristov N., Cedilnik J., Jerman J., Strajnar B. 2012. Priprava numerične meteorološke napovedi ALADIN-SI. *Veternica*, 4: 17-22.
- Šajn Slak A., Kršmanc R., Merše J. 2012. INCA-CE - projekt, ki povezuje meteorološke službe osrednje Evrope s končnimi uporabniki. *Vetrnica*, 4: 61-63.
- Vega F.E., Hofstetter R.W. (ur.). 2015. Bark beetles: Biology and ecology of native and invasive Species. Academic Press: 640 str.
- Wermelinger B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*: a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 202, 1-3: 67-82.
- Wermelinger B., Seifert M. 1998. Analysis of temperature dependent development of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) (Col. Scol.). *Journal of Applied Entomology*, 122: 185-191.
- ZGS. 2016. Podatki o ulovu v kontrolno-lovne pasti. V: Računalniški program Varstvo gozdov, N. Ogris (ur.). Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije in Zavod za gozdove Slovenije.

**Citiranje:** Nikica OGRIS. 2017. Fenološki model za osmerozobega smrekovega lubadarja (*Ips typographus*) RITY-1 na območju Slovenije. Napovedi o zdravju gozdov, 2017. URL: [https://www.zdravgozd.si/prognoze\\_zapis.aspx?idpor=33](https://www.zdravgozd.si/prognoze_zapis.aspx?idpor=33). DOI: [10.20315/NZG.33](https://doi.org/10.20315/NZG.33)

Prispelo: 23. 01. 2017. Sprejeto: 07. 02. 2017. Objavljeno: 09. 02. 2017.