

REDEFINICIJA KRITIČNIH BROJEVA JAJNIH LEGALA GUBARA (*Lymantria dispar* L.) ZA HRAST LUŽNJAK (*Quercus robur* L.) I PRVI IZRAČUN ZA OBIČNU BUKVU (*Fagus sylvatica* L.) U REPUBLICI HRVATSKOJ

REDEFINITION OF CRITICAL NUMBERS OF GYPSY MOTH
(*Lymantria dispar* L.) EGG MASSES FOR PEDUNCULATE OAK
(*Quercus robur* L.) AND FIRST CALCULATION FOR COMMON
BEECH (*Fagus sylvatica* L.) IN REPUBLIC OF CROATIA

Ivan LUKIĆ¹, Nikola LACKOVIĆ¹, Milan PERNEK^{1*}, Christa SCHAFELLNER²

SAŽETAK

Gubar (*Lymantria dispar*) je jedan od najvažnijih šumskih štetnika na području Republike Hrvatske. Iz sustavnog praćenja gradacija u kontinentalnom području uočeno je da se gubar masovno pojavljuje svakih 10 do 11 godina, dok su u mediteranskom području gradacije češće i nepravilnije u periodicitetu. Kako bi odredili je li potrebno suzbijati gubara, važno je utvrditi intenzitet napada. Intenzitet napada ovisi o gustoći populacije ličinki, a gustoća populacije je povezana s raspoloživom masom lišća u sastojini. S obzirom da za hrast lužnjak postoji metodologija izračuna intenziteta napada, cilj ovoga rada je preispitati i redefinirati kritične brojeve jajnih legala gubara, primjenjujući rezultate recentnih istraživanja. S obzirom da za običnu bukvu do danas nisu poznati kritični brojevi, cilj je bio definirati ih. Za izračun kritičnih brojeva potrebno je izračunati prosječnu masu lišća koju pojede jedna ličinka te prosječnu masu lišća jednog stabla. Laboratorijski pokus prehrane lišćem hrasta lužnjaka i obične bukve postavljen je kako bi se utvrdila prosječna masa pojedenog lišća, a prosječna masa lišća jednog stabla je utvrđena korištenjem dostupnih modela biomase lišća. Rezultati izračuna kritičnih brojeva jajnih legala za hrast lužnjak pokazuju kako je taj broj u odnosu na do sada korišteni viši, što znači da će površina koju treba tretirati biti manja. Rezultati izračuna kritičnih brojeva jajnih legala za običnu bukvu predstavljaju potpuno novi i originalan podatak. Kritične brojeve jajnih legala prikazane u ovome radu potrebno je provjeriti prilikom sljedeće gradacije gubara kroz terensku evaluaciju, kako bi ih potvrdili. Daljnja razrada kritičnih brojeva moguća je korištenjem dostupnih prirasno-prihodnih tablica (bonitet i EGT) te podacima iz nacionalne inventure šume. Korištenje trenutno dostupnih modela biomase ukazuje na potrebu istraživanja mase lišća u krošnji stabala različite starosti za područje Republike Hrvatske, kako bi se usavršila preciznost izračuna kritičnih brojeva jajnih legala gubara.

KLJUČNE RIJEČI: šumski štetnik, gustoća populacije, jajna legla, ličinke

¹ Dr.sc. Ivan Lukić, Division for Forest Protection and Game Management, Croatian Forest Research Institute, 10450 Jastrebarsko, Croatia

¹ Dr.sc. Milan Pernek, Division for Forest Protection and Game Management, Croatian Forest Research Institute, 10450 Jastrebarsko, Croatia *milanp@sumins.hr

¹ Dr.sc. Nikola Lacković, Division for Forest Protection and Game Management, Croatian Forest Research Institute, 10450 Jastrebarsko, Croatia

² Prof.dr.sc. Christa Schafellner, Institute of Forest Entomology, Forest Pathology and Forest Protection, BOKU – University of Natural Resources and Life Sciences, 1190 Vienna, Austria

UVOD INTRODUCTION

Šumski štetnici svrstani su u biotičke čimbenike koji mogu značajno utjecati na zdravstveno stanje šuma (Androić, 1970). Jedan od istaknutih biotičkih čimbenika je gubar (*Lymantria dispar* L., Lepidoptera, Erebidae), koji se pojavljuje pretežno u hrastovim (*Quercus* spp.) sastojinama te urbanim područjima na različitim vrstama drveća (Kovačević, 1956; Tomiczek i dr., 2007). Smatra se jednim od najznačajnijih šumskih štetnika na području Europe (Turbé i dr., 2012), a od introdukcije 1869. godine invazivno se širi na području Sjeverne Amerike (Forbush i Fernald, 1896). Može se pojaviti na velikim površinama (Jošovec, 1924; Langhoffer, 1926; Kovačević, 1931; Kovačević, 1949; Schmidt, 1956; Androić, 1965), a na značaju posebice dobiva pojavom hrastove pepelnice – *Erysiphe alphitoides* (Griff. et Maubl.) U. Braun & S. Takam (Erysiphales: Erysiphaceae) na europskom kontinentu 1907. godine (Glavaž, 1999) te se u kombinaciji, ova dva čimbenika smatraju jednim od najvažnijih biotičkih uzročnika sušenja sastojina hrasta lužnjaka (Kovačević, 1928). Gradacije gubara na području Republike Hrvatske zabilježene su 1877., 1882., 1888. – 1890., 1899., 1908. – 1911., 1914., 1922., 1926., 1930. – 1933. i 1941. godine (Kovačević, 1949; Kovačević, 1956). Nadalje, gradacije su zabilježene 1948. – 1950., 1962. – 1966., 1970. – 1975., 1982. – 1984., 1992. – 1994. i 2003. – 2005. i 2012. – 2014. godine (Pernek i Pilaš, 2005; Pernek i dr., 2008; Pernek, 2018).

Pregledom gradoloških podataka, uočeno je da se gubar u kontinentalnom području pojavljuje svakih 10 do 11 godina u razdoblju od 1970. – 2005. godine (Pernek i dr., 2008). S druge strane, podaci o gradacijama iz mediteranskog područja vrlo su rijetki, ali spominju se gradacije na otoku Braču (Beltram, 1935) i Cresu (Devčić, 1954). Kovačević (1956) opisuje da gradacije traju obično dvije godine, a zabilježene gradacije iz 1988., 1994., 1999., 2001., 2002., 2010. i 2013. potvrđuju razliku između ove dvije regije (Lacković i dr., 2015). Recentno istraživanje metodama molekularno genetike pokazalo je da se populacije gubara koje nastanjuju dvije odvojene regije genetički razlikuju te da su populacije koje nastanjuju Ilirsku obalu Jadranskog mora genetički najraznolikije u Europi (Lacković i dr., 2015; 2018).

Za potrajno gospodarenje šumskim sastojinama u kojima je prisutan gubar, ključni element uspjeha je kvalitetan monitoring i objektivna prognoza stanja populacije kako bi se mjere zaštite mogle primijeniti pravovremeno i racionalno. Androić (1965) na temelju podatka o 12 g lišća koje prosječno konzumira jedna ličinka gubara i prosječne mase lišća za hrastova stabla u sastojinama II. boniteta po Schwapachu (Burger, 1947) izračunava kritični broj ličinki gubara za jedno stablo određenog promjera. Kritični broj po tom modelu izračuna u praksi se nije koristio, već se od druge

polovice 20. stoljeća koristila metoda po intenzitetima zaraze (metoda brojanja jajnih legala po transektu). Prema toj metodi sva stabla na kojima se nalazi barem jedno jajno leglo se broje, a zbroj tako pobrojanih stabala podijeli se s ukupnim brojem stabala u sastojini, iz kojeg se dobije intenzitet zaraze koji se kategorizira u pet klasa (Vasić, 1981; Pernek i Pilaš, 2005). Obračuni novijeg datuma modificirani su na način da se kritični brojevi utvrde za jedno stablo (Androić, 1965; Vajda, 1974; Pernek, 2018). Nadalje se iz dobivenog podatka izračunava kritični broj jajnih legala po hektaru n-starosti sastojine te se razvrstava u tri kategorije rizika (Pernek, 2018).

Za sastojine obične bukve do sada su korišteni kritični brojevi jajnih legala namijenjeni za hrast lužnjak (Pernek, 2018), što kod postupka odluke za tretiranje, gotovo nužno dovodi do moguće pogreške u površinama predviđenim za tretiranje. U dostupnoj literaturi nisu pronađeni podaci izračuna kritičnih brojeva za ovu vrstu drveća te se po prvi puta prikazuju podaci o kritičnim brojevima jajnih legala gubara za običnu bukvu.

Ciljevi istraživanja bili su: preispitati i redefinirati kritične brojeve jajnih legala gubara za sastojine hrasta lužnjaka te definirati kritične brojeve jajnih legala za sastojine obične bukve. Također, neposredni cilj je laboratorijskim pokusom prehrane provjeriti točnost podatka o prosječnoj konzumaciji jedne ličinke (Androić, 1965), koji je izravno povezan s izračunom kritičnih brojeva, čime bi se racionalizirale mjere zaštite, što pak ima izravan odraz na ekološka i ekonomska gledišta primjene zaštitnih sredstava za suzbijanje gubara u šumskim sastojinama (Margaletić i dr., 2007; Pernek, 2018).

MATERIJAL I METODE MATERIAL AND METHODS

Laboratorijski pokus prehrane – *Laboratory feeding trial*

Laboratorijski pokusi prehrane provedeni su od ožujka do srpnja 2016. godine u laboratoriju za entomološka ispitivanja, Zavod za zaštitu šuma i lovno gospodarenje, Hrvatski šumarski institut (HŠI).

Jajna legla gubara sakupljena su na području UŠP Koprivnica, šumarija Koprivnica, gospodarske jedinice Koprivničke nizinske šume (46°08'31,06" S 16°57'06,01" I) u prosincu 2015. godine u šumskoj zajednici hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* Horvat 1956) i čuvana u hladnjaku na 4 °C do početka pokusa. Lišće hrasta lužnjaka (45°39'53,87" S, 15°38'13,62" I) sakupljano je unutar rasadnika (HŠI), dok je lišće obične bukve sakupljano u perivoju dvorca Erdödy, Jastrebarsko (45°40'16,27" S, 15°38'45,15" I). Sakupljena jajna legla premještena su iz hladnjaka u kontrolirane uvjete početkom listanja korište-

nog lišća (obična bukva 30. ožujak 2016.; hrast lužnjak 03. travanj 2016.), nakon čega su ličinke podijeljene u dva odvojena pokusa. Pokusi su provedeni pod kontroliranim uvjetima temperature (20 ± 1 °C), s relativnom vlagom zraka od 65% i dnevno-noćnim uvjetima za rast i razvoj u omjeru od 16:8 sati.

Prvi pokus proveden je hranjenjem ličinki lišćem hrasta lužnjaka od eklozije do kukuljenja. Ličinke su od eklozije do kraja III. larvalnog stadija stavljene u staklene cilindre, gdje su skupno hranjene. Prelaskom u IV. larvalni stadij izdvojeno je 100 ličinki koje su pojedinačno stavljene u Petrijeve posudice te označene brojem. Lišće je svakodnevno davano za hranu ličinkama i vagano neposredno prije stavljanja u Petrijeve posudice. Ostaci lišća koji nisu konzumirani spremjeni su u zasebne PVC posudice za svaku ličinku pojedinačno, kako bi se izračunala prosječna masa pojedenog lišća. Završetkom larvalnog stadija i pojavom kukuljica, bilježeni su datumi kukuljenja te je po izlasku imaga određen spol.

Drugi pokus proveden je hranjenjem ličinki lišćem obične bukve od eklozije do kukuljenja, primjenjujući istu metodologiju kao i za prvi pokus.

Za vaganje je korištena analitička vaga BD ED 100 (ATL 224-I) (SARTORIUS, Göttingen, Njemačka) preciznosti 0,0001 g. Prema metodi koju je opisao Waldbauer (1968), ostaci lišća su sušeni 24 sata na 70 °C u sušioniku ST02 ER (INKOLAB, Zagreb, Hrvatska) i neposredno potom vagani.

ANALIZA PODATAKA

DATA ANALYSIS

Popis kratica koje se koriste u ovom istraživanju:

m_l	prosječna masa pojedenog lišća za jednu ličinku [kg/suhe mase]/average leaf mass consumed per one larvae [dry mass/kg]
m_T	prosječna masa lišća jednog stabla [kg/suhe mase]/average leaf mass per one tree [dry mass/kg]
KB_g	kritični broj ličinki za jedno stablo/critical number of larvae per tree
$KB_{L(n)}/ha$	kritični broj jajnih legala po hektaru n-starosti sastojine/critical number of egg masses per hectare in stand (n-age)
$KB_{L(n)}/stablo$	kritični broj jajnih legala za jedno stablo n-starosti sastojine/critical number of egg masses per tree in stand (n-age)
$Normala_{(n)}$	broj stabala po hektaru za sastojinu n-starosti/number of trees per hectare in stand (n-age)

Prosječna masa pojedenog lišća za jednu ličinku (– kg/suhe mase) izračunata je prema formuli (Waldbauer, 1968):

$$m_t = \left(m_{dl} * \left(\frac{m_{lsv}}{m_{lsu}} \right) \right) - m_{nl}$$

m_{dl}	masa ponuđenog lišća ličinki [g/svježe mase]/mass of fresh leaves given to larvae [fresh mass/g]
m_{lsv}	prosječna masa deset listova u svježem stanju [g/svježe mase]/average mass of 10 fresh leaves [fresh mass/g]
m_{lsu}	prosječna masa deset listova u suhom stanju [g/suhe mase]/average mass of 10 dry leaves [dry mass/g]
m_{nl}	masa nepojedenog lišća [g/suhe mase]/mass of leaves leftover [dry mass/g]

Kako bi se masa ponuđenog lišća (m_{dl}) preračunala u protuvrijednost suhe tvari, korišten je omjer deset listova ($\frac{m_{lsv}}{m_{lsu}}$).

Vrijednost omjera deset listova računala se posebno za svaki tjedan ponuđene hrane i to ovim postupkom; posebno odvojenih deset listova (dimenzijama sličnim onima koji su davani ličinkama) izvavano u svježem stanju, zatim sušeni 24 sata na 70 °C i neposredno potom izvagani u suhom stanju, a za preračunavanje je korištena srednja vrijednost omjera deset listova (Waldbauer, 1968).

Izračun prosječne mase lišća jednog stabla (m_T – kg/suhe mase) hrasta lužnjaka napravljen je korištenjem modela višestruke regresije (Zianis i dr., 2005; Krejza i dr., 2017), koji kao ulazne podatke koristi prsni promjer (d) i visinu stabla (h):

$$m_T = a + b \times d^2 + c \times d \times h$$

$$a = 3,147133$$

$$b = 0,016944$$

$$c = -0,016698$$

$$d = \text{prsni promjer stabla (cm)}/\text{diameter at breast height (cm)}$$

$$h = \text{visina stabla (m)}/\text{tree height (m)}$$

Vrijednosti ulaznih podataka u ovom istraživanju preuzeti su iz prirasno-prihodnih tablica za hrast lužnjak, II. bonitet, sa područja Republike Hrvatske (Špiranec, 1975).

Izračun prosječne mase lišća jednog stabla (m_T – kg/suhe mase) obične bukve, napravljen je korištenjem regresijskog modela (Wutzler i dr., 2008):

$$m_T = a \times d^b \times h^c$$

$$a = 0,0377$$

$$b = 2,43$$

$$c = -0,0913$$

$$d = \text{prsni promjer stabla (cm)}/\text{diameter at breast height (cm)}$$

$$h = \text{visina stabla (m)}/\text{tree height (m)}$$

Ulazni podaci za izračun preuzeti su iz prirasno-prihodnih tablica za običnu bukvu, II. bonitet, sa područja Republike Hrvatske (Špiranec, 1975). Konstante korištene u ovom re-

Tablica 1 Kritični brojevi jajnih legala gubara za I kategoriju (hrast lužnjak)**Table 1** Critical numbers of gypsy moth egg masses for category I (pedunculate oak)

Starost Age	m_T (kg/suhe mase) m_T (dry mass/kg)	m_t (kg/suhe mase) m_t (dry mass/kg)	KB_g KB_g	$KB_{ju}/stablo$ $KB_{ju}/tree$	Normala/ha Normal distribution/ha	KB_{ju}/ha KB_{ju}/ha
20	2,76		947	1,89	7890	14947
30	2,57		880	1,76	2510	4419
40	2,87		983	1,97	1200	2360
50	3,80		1304	2,61	720	1877
60	5,40		1853	3,71	490	1816
70	7,42		2546	5,09	360	1833
80	9,95	0,0029	3415	6,83	280	1912
90	12,58		4316	8,63	230	1985
100	15,32		5257	10,51	195	2050
110	18,09		6208	12,42	170	2111
120	20,97		7195	14,39	150	2159
130	23,52		8071	16,14	134	2163
140	26,15		8974	17,95	122	2190

gresijskom modelu sastavljene su na temelju podataka iz 13 istraživanja sa područje središnje Europe (76 lokaliteta, 443 stabla). Uz izračun korištenjem regresijskog modela, za običnu bukvu postoji dostupan podatak sa područja planine Papuk (lokacije Sekulinci i Duboka) iz šumske zajednice *Fagetum croaticum pannonicum* Horv. 1938 koji iznosi 9 t/ha (Lukić i Kružić, 1996). Izračunom, iz navedenog podatka dobivena je vrijednost od (m_T) 8,71 kg/suha tvar ($\bar{t} = 56$ g., $\bar{h} = 25$ m, $N=1033/ha$) s kojom su izračunati kritični brojevi jajnih legala gubara prethodno opisanom metodom.

Usporedba kritičnih brojeva jajnih legala gubara – *Comparison of critical numbers of gypsy moth egg masses*

Kako bi se utvrdio učinak razlika u kritičnim brojevima iz ovog istraživanja nasuprot dosad korištenih kritičnih brojeva na definiranje i odabir površina na kojima treba poduzeti mjere zaštite, napravljene su usporedbe za dvije gospodarske jedinice u kojima se provodi procjena stanja napada gubara.

Hrast lužnjak

Za hrast lužnjak odabrana je sastojina sa područja šumarije Nova Gradiška, UŠP Nova Gradiška; gospodarska jedinica Ključevi (2464,19 ha) te podaci o intenzitetu napada za 2012. godinu preuzeti iz baze podataka Izvještajno prognoznih poslova (IPP) (Ministarstvo poljoprivrede). U toj gospodarskoj jedinici se nalaze dvije šumske zajednice, šuma hrasta lužnjaka i velike žutilovke (*Genisto elatae-Quercetum roboris* Ht. 1938) i šuma hrasta lužnjaka i običnog graba (*Carpino betuli-Quercetum roboris* /Anić 1959/ Rauš 1969). Za 2012. godinu pregledano je sveukupno 58 odjela, od ko-

Tablica 2 Kritični brojevi jajnih legala gubara za hrast lužnjak (I – III kategorija)**Table 2** Critical numbers of gypsy moth egg masses for pedunculate oak (categories I-III)

Starost Age	Kategorija I Category I	Kategorija II Category II	Kategorija III Category III
20	>14947	10676-14947	<10676
30	>4419	3156-4419	<3156
40	>2360	1686-2360	<1686
50	>1877	1341-1877	<1341
60	>1816	1297-1816	<1297
70	>1833	1310-1833	<1310
80	>1912	1366-1912	<1366
90	>1985	1418-1985	<1418
100	>2050	1464-2050	<1464
110	>2111	1508-2111	<1508
120	>2159	1542-2159	<1542
130	>2163	1545-2163	<1545
140	>2190	1564-2190	<1564

jih je 76% pripada šumi hrasta lužnjaka i velike žutilovke, a 24% šumi hrasta lužnjaka i običnog graba. Za potrebe ovog istraživanja korišten je samo naziv vrste drveća.

Obična bukva

Za običnu bukvu odabrana je sastojina sa područja šumarije Petrinja, UŠP Sisak; gospodarska jedinica Petrinjčica (4215,48 ha) te podaci iz baze podataka IPP za 2012. godinu. U toj gospodarskoj jedinici su odabrani odsjeci sa šumskom zajednicom šuma bukve s lazarkinjom (*Asperulo odorate-Fagetum Sougnez* et Thill 1959). Sveukupno je pre-

Tablica 3 Kritični brojevi jajnih legala gubara za I kategoriju (obična bukva)

Table 3 Critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech (category I)

Starost Age	m_T (kg/suhe mase) m_T (dry mass/kg)	m_t (kg/suhe mase) m_t (dry mass/kg)	KB_g KB_g	$KB_{ju}/stablo$ $KB_{ju}/tree$	Normala/ha Normal distribution/ ha	KB_{ju}/ha KB_{ju}/ha
20	0,23		86	0,17	14100	2422
30	0,67		252	0,50	4270	2151
40	1,39		525	1,05	1960	2059
50	2,37		893	1,79	1140	2037
60	3,61	0,0026	1363	2,73	750	2045
70	5,05		1906	3,81	545	2077
80	6,65		2511	5,02	420	2109
90	8,42		3177	6,35	340	2160
100	10,31		3892	7,78	280	2179

gledano 123 odjela, od kojih 67% pripada prethodno navedenoj šumskoj zajednici. U svrhu ovog istraživanja korišten je isključivo naziv vrste drveća.

REZULTATI RESULTS

Kritični brojevi jajnih legala gubara za hrast lužnjak – *The critical numbers of gypsy moth egg masses for pedunculata oak*

Muške ličinke gubara su prosječno konzumirali lišća hrasta lužnjaka u iznosu od $1,16 \pm 0,03$ g/suhe mase, a ženske $3,27 \pm 0,06$ g/suhe mase. Srednja vrijednost pojedenog lišća hrasta lužnjaka za jednu ličinku (m_t) iznosi $2,91 \pm 0,09$ g/suhe mase ($0,0029$ kg/suhe mase). Ta je vrijednost korištena za izračun kritičnih brojeva jajnih legala za sastojine hrasta lužnjaka. Prosječne mase lišća za jedno stablo (m_T) hrasta lužnjaka određene starosti prikazane su u tablici 1. Kritični brojevi jajnih legala za sve tri kategorije rizika prikazani su u tablici 2.

Tablica 4 Kritični brojevi jajnih legala gubara za običnu bukvu (I-III kategorija)

Table 4 Critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech (categories I-III)

Starost Age	Kategorija I Category I	Kategorija II Category II	Kategorija III Category III
20	>2422	1730-2422	<1730
30	>2151	1536-2151	<1536
40	>2059	1470-2059	<1470
50	>2037	1455-2037	<1455
60	>2045	1461-2045	<1461
70	>2077	1484-2077	<1484
80	>2109	1507-2109	<1507
90	>2160	1543-2160	<1543
100	>2179	1557-2179	<1557

Kritični brojevi jajnih legala gubara za običnu bukvu – *The critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech*

Mušjaci gubara su konzumirali prosječno lišća u iznosu od $0,99 \pm 0,03$ g/suhe mase, a ženke $3,14 \pm 0,11$ g/suhe mase. Srednja vrijednost pojedenog lišća obične bukve za jednu ličinku (m_t) iznosi $2,65 \pm 0,13$ g/suhe mase ($0,0026$ kg/suhe mase) te je ta vrijednost korištena za izračun kritičnih brojeva jajnih legala za sastojine obične bukve. Prosječne mase lišća za jedno stablo (m_T) obične bukve određene starosti prikazane su u tablici 3. Kritični brojevi jajnih legala za sve tri kategorije rizika prikazani su u tablici 4.

Usporedba kritičnih brojeva jajnih legala gubara – *Comparison of critical numbers of gypsy moth egg masses*

Kritični brojevi jajnih legala utvrđeni ovim istraživanjem veći su u odnosu na dosad korištene (slika 1).

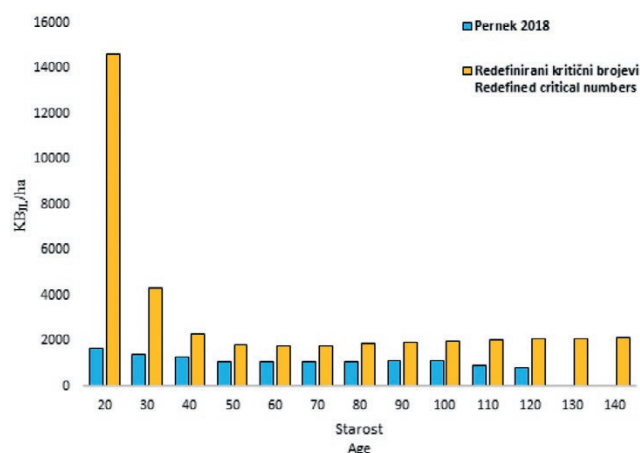

Slika 1 Usporedba dvije metode izračuna kritičnih brojeva jajnih legala gubara za hrast lužnjak (I kategorija)

Figure 1 Comparison of two calculation methods of critical numbers of the gypsy moth egg masses for pedunculata oak (category I)

Tablica 5 Kritični brojevi jajnih legala za običnu bukvu (I kategorija) sa područja planine Papuk

Table 5 Critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech (category I) from mountain Papuk

Starost Age	m_T (kg/suhe mase) m_T (dry mass/kg)	m_T (kg/suhe mase) m_T (dry mass/kg)	KB_g KB_g	KB_{JL} /stablo KB_{JL} /tree	Broj stabala/ha Number of trees/ha	KB_{JL} /ha KB_{JL} /ha
56	8,71	0,0026	3287	6,57	1033	6791

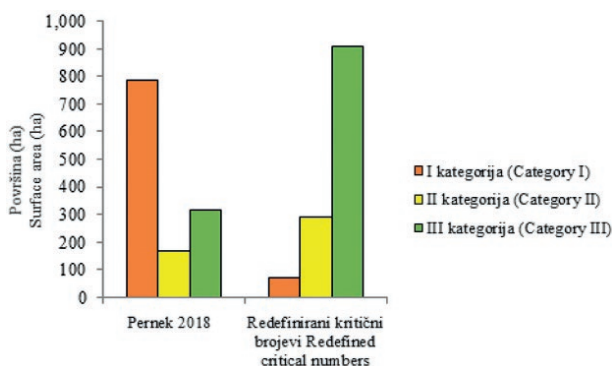
**Slika 2** Usporedba obračuna napadnute površine hrasta lužnjaka (ha) po kategorijama između dvije metode izračuna kritičnih brojeva jajnih legala na području gospodarske jedinice Ključevi, šumarija Nova Gradiška, UŠP Nova Gradiška (Kategorija I- treba tretirati; Kategorija II- iznimno tretirati uz specifičan razlog; Kategorija III ne treba tretirati)

Figure 2 Comparison of attacked pedunculate oak (ha) by categories between two calculation methods for critical numbers of gypsy moth egg masses in management unit Ključevi, forest office Nova Gradiška, FD Nova Gradiška (Category I – control measures needed; Category II – control measures needed only if there is a special reason; Category III – no control measures needed)

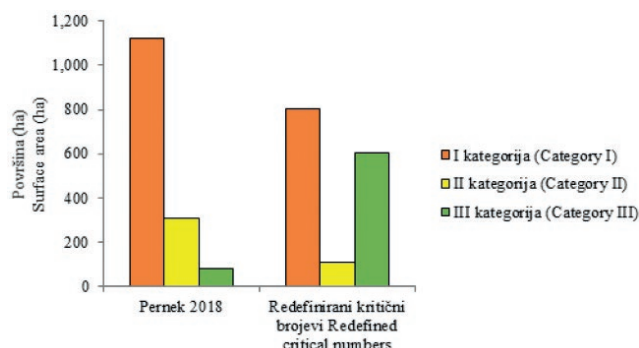
**Slika 3** Usporedba obračuna napadnute površine obične bukve (ha) po kategorijama između dvije metode izračuna kritičnih brojeva jajnih legala na području gospodarske jedinice Petrinjčica, šumarija Petrinja, UŠP Sisak (Kategorija I- treba tretirati; Kategorija II- iznimno tretirati uz specifičan razlog; Kategorija III ne treba tretirati)

Figure 3 Comparison of common beech stands (ha) by categories between two calculation methods for critical numbers of gypsy moth egg masses in management unit Petrinjčica, forest office Petrinja, FD Sisak (Category I – control measures needed; Category II – control measures needed only if there is a special reason; Category III – no control measures needed)

Hrast lužnjak

Prema podacima iz baze podataka IPP za 2012. godinu, površina na kojoj postoji mogućnost golobrsta u gospodarskoj jedinici Ključevi iznosi 1270,92 ha, s tim da više od polovice površine pripada u I kategoriju rizika. Korištenjem izračuna

Tablica 6 Kritični brojevi jajnih legala gubara za običnu bukvu sa područja planine Papuk (I-III kategorija)

Table 6 Critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech (categories I-III) from mountain Papuk

Starost Age	Kategorija I Category I	Kategorija II Category II	Kategorija III Category III
56	>6791	6791-4851	<4851

prema kritičnim brojevima jajnih legala iz ovog istraživanja, omjer površina između kategorija se vidljivo mijenja (slika 2). Potrebno je napomenuti da je u šest odjela prilikom izračuna kategorije odabrana viša kategorija, s obzirom da su kritični brojevi koji se trenutno koriste iz praktičnih razloga prilagođeni za dobne razrede.

Obična bukva

Prema podacima iz baze podataka IPP za 2012. godinu, površina na kojoj postoji mogućnost golobrsta u gospodarskoj jedinici Petrinjčica iznosi 1518,03 ha. Na ovome je primjeru također vidljiva promjena u omjeru površina između kategorija u toj gospodarskoj jedinici (slika 3). Potrebno je napomenuti da je kod jednog odjela prilikom izračuna kategorije odabrana viša kategorija, s obzirom da su kritični brojevi jajnih legala koji se trenutno koriste iz praktičnih razloga prilagođeni za dobne razrede. Kritični brojevi jajnih legala izračunati korištenjem podatka iz istraživanja Lukić i Kružić (1996) prikazani su u tablici 5 i 6.

RASPRAVA DISCUSSION

Dosadašnja istraživanja kritičnih brojeva jajnih legala u Hrvatskoj nisu obuhvatila osnovni podatak koji je potreban za njihov precizan izračun, a to je prosječna masa pojedenog lišća za jednu ličinku. U literaturi je dostupan podatak da jedna ličinka gubara konzumira 12 g lišća (Androić, 1965), za koji nije poznata metoda utvrđivanja niti je jasno definirana vrsta drveća. Ako pretpostavimo da je dostupan podatak od 12 g svježe mase, prosječna masa lišća hrasta lužnjaka ($9,37 \pm 0,30$ g/svježe mase) i obične bukve ($7,86 \pm 0,38$ g/svježe mase) koju konzumira jedna ličinka gubara je vidljivo manja. Izuzev spomenutih istraživanja, jedini dostupni podatak o prosječnoj masi pojedenog lišća je iz Rumunjske, gdje je utvrđeno da mužjak gubara prosječno pojede 1,068 g/suhe mase, dok ženka pojede prosječno 3,395 g/suhe mase (Nețoiu i dr., 2007). Usporedimo li te podatke sa podacima iz ovog istraživanja, vidljivo je da vrijednosti ne od-

stupaju značajno od vrijednosti dobivenih u pokusu s listom hrasta lužnjaka.

Nadalje, šumarska praksa je u prethodnoj gradaciji 2003. – 2005. (Pernek, 2018) koristila metodu brojanja jajnih legala po transektu (Vasić, 1981). Ova metoda se koristila do nedavno, iako sama metoda ima veliki nedostatak. Naime, za odluku o tome je li potrebno tretiranje uzimalo se da je za jedno stablo hrasta lužnjaka starosti =80 godina kritično jedno jedino jajno leglo gubara, dok su istraživanja Tropina (1962) utvrdila da je za stablo te starosti kritično oko četiri jajna legla (Androić, 1965; Vasić, 1981; Pernek, 2018). Već ovaj podatak prikazuje izvor sistematske pogreške, pa se nameće potreba za istraživanjima svih čimbenika koji utječu na definiranje površina na kojima je potrebno primijeniti mjere zaštite, a jedan od ključnih čimbenika u tom procesu je definiranje objektivnih i preciznih kritičnih brojeva.

Od gradacije gubara 2012. – 2014. usporedno s intenzitetima napada koristi se novi obračun kritičnog broja jajnih legala s tri kategorije rizika (Pernek, 2018), koji je za izračun uzeo kritične brojeve ličinki gubara za jedno stablo određene starosti (Tropin, 1962) i podatke o broju stabala (normale) iz prirasno-prihodnih tablica za hrast lužnjak (Bezjak, 1992). Tim obračunom napravljena je ušteda od 25% nasuprot obračunu po intenzitetima napada u vidu površine namijenjene za tretiranje. Pernek (2018) ističe potrebu za daljnjim poboljšanjima. Ukazuje na potrebu korištenja korekcijskog faktora te napominje da ovaj postupak zahtijeva dodatni posao prilikom monitoringa i prognoze stanja populacije, ali trebao bi donijeti dodatnu uštedu prilikom tretiranja sastojina.

Izračunom kritičnih brojeva jajnih legala za sastojine hrasta lužnjaka na području Republike Hrvatske prema podacima iz ovog istraživanja uočeno je povećanje u odnosu na dosad korištene. Iz toga proizlazi da bi uporeba prethodno spomenutih metoda donijela dodatnu uštedu naspram izračuna po do sada korištenim kritičnim brojevima, koji predstavljaju vrlo važan čimbenik u definiranju površina na kojima treba primijeniti mjere zaštite od gubara na području Republike Hrvatske. Prema podacima iz baze podataka IPP, u razdoblju od 2012. – 2014. godine zamijećena je velika gustoća populacije gubara na području UŠP Sisak, što je ujedno posljednje razdoblje gradacije gubara na području Hrvatske (Pernek, 2018). Masovna pojava gubara u sastojinama obične bukve potvrđuje opravdanost utvrđivanja kritičnih brojeva za druge vrste drveća osim hrasta lužnjaka.

Konačno, usporedimo li kritične brojeve jajnih legala za sastojinu obične bukve na Papuku sa vrijednostima dobivenim na temelju ovog istraživanja za sastojine starosti 50 ili 60 godina, razlike su vidljive. To ukazuje na potrebu fundamentalnih istraživanja mase lišća u krošnji stabala, kako bi se povećala preciznost izračuna kritičnih brojeva jajnih

legala. Dosadašnja istraživanja nadzemne biomase stabala u našim sastojinama pretežno su se temeljila na izmjeri drvene biomase (Zečić i dr., 2011; Zečić i dr., 2012; Zečić i Vusić, 2013; Stankić i dr., 2014; Krpan i dr., 2015; Zečić i dr., 2015), a samo su pojedina uvrstila i masu lišća u izmjeru (Lukić i Kružić, 1996; Topić i dr., 2009).

Kritične brojeve jajnih legala prikazanih u ovom radu baziraju se na rezultatima konzumacije lišća ličinki u laboratorijskim uvjetima te konačnu upotrebljivost treba provjeriti na terenu prilikom sljedeće gradacije gubara. Daljnja razrada izračuna kritičnih brojeva jajnih legala, moguća je korištenjem prirasno-prihodnih tablica koje uključuju sastojine po svim bonitetima (Špiranec, 1975), ekološko-gospodarske tipove (Bezjak i dr., 1989), ali i podacima iz nacionalne inventure šume, koji bi za ovu namjenu trebali biti strukturirani u obliku prirasno-prihodnih tablica. Podaci nacionalne inventure šuma su trenutno strukturirani u obliku dvoulaznih tablica. Dodatno, kako bi se kritični brojevi jajnih legala prilagodili sastojinama različitih vrsta drveća i dobne strukture, potrebna su istraživanja mase lišća u krošnji stabala različite starosti, za sve šumarstvu značajne vrste drveća.

ZAHVALE ACKNOWLEDGMENTS

Kolegama Krunoslavu Araču i Tomislavu Ledinskom iz UŠP Koprivnica zahvaljujemo na pomoći oko sakupljanja jajnih legala. Kolegicama i kolegama Dinki Matošević, Blaženki Ercegovac, Zlatku Huljini, Nikoli Zoriću, Brigiti Mišetić i Ivanki Lacković hvala na pomoći oko laboratorijskih pokusa.

Istraživanje je dijelom financirano sredstvima Hrvatske zaklade za znanost (projekt DIFPEST 7616) te sredstvima programa Izvještajno prognoznih poslova u šumarstvu (Ministarstvo poljoprivrede RH).

LITERATURA REFERENCES

- Androić, M., 1965: Aviokemijska metoda zaštite šuma, Poslovno udruženje šumsko-privrednih organizacija Zagreb i Jugoslavenški poljoprivredni-šumarski centar Beograd, 128 str., Zagreb
- Androić, M., 1970: Osnovi zoekologije s osobitim osvrtom na entomofaunu, Poslovno udruženje šumsko-privrednih organizacija, 152 str., Zagreb
- Beltram, V., 1935: Pojava gubara (*Lymantria dispar*) na primorskoj makiji, Šumar. list, 12: 547-554
- Bezjak, K., 1992: Prigušene oscilacije fenomena rasta i prirasta praćene Levakovićevim analitičkim izrazima, U: D. Klepac, K. Čorkalo (ur.), Znanstveni skup o Antunu Levakoviću, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti – Centar za znanstveni rad Vinkovci, 57-83 str., Vinkovci
- Bezjak, K., D. Cestar, V. Hren, Z. Kovačević, J. Martinović, Z. Pelcer, 1989: Uputstvo za izradu karte ekološko-gospodarskih

- tipova brdskog i nizinskog područja (II) SR Hrvatske, Rad. -Šumar. inst. Jastrebar., 24 (79): 1-119
- Burger, H., 1947: Holz, Blattmenge und Zuwachs. 8. Mitteilung: die Eiche, Mitt. Schweiz. Anst. Forstl. Versuchswesen, 25: 211-279
 - Devčić, J., 1954: Napad gubara na otoku Cresu, Šumar. list, 8: 404-405
 - Forbush E.H., C.H. Fernald, 1896: The Gypsy Moth: *Porthetria dispar* (Linn.), Wright and Potter Printing Co., 495 str., Boston
 - Glavaš, M., 1999: Gljivične bolesti šumskog drveća, Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet. 281 str., Zagreb.
 - Jošovec, A., 1924: Sušenje hrastovih sastojina šumske uprave u Dragancu, Šumar. list, 12: 639-642
 - Kovačević, Ž., 1928: Sušenje hrastova u Posavini sa entomološko-biološkog gledišta, Šumar. list, 4: 182-185
 - Kovačević, Ž., 1931: Gubar i hrastove šume, Šumar. list, 7: 312-318
 - Kovačević, Ž., 1949: Osvrt na masovnu pojavu gubara, Masovna pojava i suzbijanje gubara (*Lymantria dispar* L.), Institut za šumarska istraživanja Ministarstva šumarstva N.R. Hrvatske, 7-45 str., Zagreb
 - Kovačević, Ž., 1956: *Lymantria dispar* L. – Gubar glavonja, Primijenjena entomologija - III knjiga, Šumski štetnici, Poljoprivredni nakladni zavod, 382-406 str., Zagreb
 - Krejza, J., J. Světlík, P. Bednář, 2017: Allometric relationship and biomass expansion factors (BEFs) for above-and below-ground biomass prediction and stem volume estimation for ash (*Fraxinus excelsior* L.) and oak (*Quercus robur* L.), Trees, 31, (4): 1303-1316
 - Krpan, A.P., Ž. Tomašić, Ž. Zečić, D. Vuletić, 2015: Bioproizvodnost amorfe (*Amorpha fruticosa* L.) u jednogodišnjoj, dvogodišnjoj i četverogodišnjoj ophodnji, Šumar. list, 3-4: 123-134
 - Lacković, N., C. Bertheau, C. Stauffer, M. Pernek, D.N. Avtzis, 2015: Genetic split between coastal and continental populations of gypsy moth separated by Dinaric Alps, J Appl Entomol, 139 (9): 721-726
 - Lacković, N., M. Pernek, C. Bertheau, D. Franjević, C. Stauffer, D.N. Avtzis, 2018: Limited Genetic Structure of Gypsy Moth Populations Reflecting a Recent History in Europe, Insects, 9 (4): 10.3390/insects9040143
 - Langhoffer, A., 1926: Gubar i sušenje naših hrastovih šuma, Glas šum pokuse, 1: 149-246
 - Lukić, N., T. Kružić, 1996: Procjena biomase obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u panonskom dijelu Hrvatske, Unapređenje proizvodnje biomase šumskih ekosustava, Šumarski fakultet Zagreb, Šumarski institut Jastrebarsko, 131-136 str., Zagreb
 - Margaletić, J., V. Jurjević, M. Glavaš, B. Hrašovec, D. Diminić, 2007: Analiza suzbijanja gubara (*Lymantria dispar* L.) tijekom 2005. godine u državnim šumama Hrvatske, Šumar. list, 11-12: 539-548
 - Nețoiu, C., I. Tăut, M.O. Bădele, S.M. Nică, 2007: Characteristics of the feeding process of the *Lymantria dispar* larvae reared with beech leaves, Oltenia Journal for Studies in Natural Sciences, 23: 105-110
 - Pernek, M., 2018: Novi način obračuna kritičnog broja jajnih legala gubara (*Lymantria dispar* L.) u svrhu prognoze populacije, Šumar. list, 1-2: 59-65
 - Pernek, M., I. Pilaš, 2005: Gradacije gubara – *Lymantria dispar* L. (Lep., Lymantriidae) u Hrvatskoj, Šumar. list, 5-6: 263-270
 - Pernek, M., I. Pilaš, B. Vrbeć, M. Benko, B. Hrašovec, J. Milković, 2008: Forecasting the impact of the Gypsy moth on lowland hardwood forests by analyzing the cyclical pattern of population and climate data series, Forest Ecol Manag, 255: 1740-1748
 - Schmidt, L., 1956: Utjecaj hrane na razvoj gubara (*Lymantria dispar* L.), Glas. šum. pokuse, 12: 105-166
 - Stankić, I., J. Marenče, D. Vusić, Ž. Zečić, Z. Benković, 2014: Struktura nadzemne drvene biomase obične bukve u različitim sastojinskim uvjetima, Šumar. list, 9-10: 439-449
 - Špiranec, M., 1975: Prirasno prihodne tablice poslovno udruženje šumsko privrednih organizacija, Rad. -Šumar. inst. Jastrebar., 25: 1-109
 - Tomiczek, C., D. Diminić, T. Cech, B. Hrašovec, H. Krehan, M. Pernek, B. Perny, 2008: Bolesti i štetnici urbanog drveća, Šumarski institut Jastrebarsko i Šumarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 384 str., Zagreb
 - Topić, V., L. Butorac, G. Jelić, 2009: Biomasa u panjačama planike (*Arbutus unedo* L.) na otoku Braču, Šumar. list, 1-2: 5-14
 - Tropin, I.V., 1962: Aviahimiceskaja zaštita lesa, Sel'hozizdat, 238 str., Moskva
 - Turbé, A., U. Jana, A. de Toni, S. Woodward, A. Schopf, S. Netherer, P. Angelstam, S. Mudgal, P. Sonigo, 2012: Disturbances of EU Forests Caused by Biotic Agents, Final Report European Commission. URL: http://ec.europa.eu/environment/forests/pdf/FBD_report_2012.pdf (accessed 15 February 2019)
 - Vajda, Z., 1974: Nauka o zaštiti šuma, Školska knjiga, 482 str., Zagreb
 - Vasić, K., 1981: Priručnik izveštajne i dijagnostičko prognozne službe zaštite šuma, Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta Jugoslavije, 336 str., Beograd
 - Waldbauer, G.P., 1968: The Consumption and Utilization of Food by Insects, Adv Insect Physiol, 5: 229-288
 - Wutzler, T., C. Wirth, J. Schumacher, 2008: Generic Biomass Functions for Common Beech (*Fagus sylvatica* L.) in Central Europe – Predictions and Components of Uncertainty, Can J Forest Res, 38 (6): 1661-1675
 - Zečić, Ž., D. Vusić, 2013: Proizvodni potencijal biomase crnog bora (*Pinus nigra* Arn.) u šumskim kulturama, U: I. Anić, Tomić, F., Matić, S. (ur.), Šumarstvo i poljoprivreda hrvatskog sredozemlja na pragu Europske Unije, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, 161-174 str., Zagreb
 - Zečić, Ž., D. Vusić, B. Franjić, 2012: Potencijal biomase obične bukve (*Fagus sylvatica* L.) u gospodarskoj jedinici Zapadni Papuk Zvečevački, U: B. Katalinić (ur.), 3rd International Conference "Vallis Aurea" Focus on: Regional Development, Polytechnic of Pozega, Croatia & DAAAM International Vienna, Austria, 1139-1147 str., Požega – Vienna
 - Zečić, Ž., D. Vusić, Z. Štimac, M. Cvekan, A. Šimić, 2011: Biomasa nadzemnoga dijela stabla obične jele, europskoga ariša i crnoga bora, Croat J For Eng, 32 (1): 369-377
 - Zečić, Ž., Ž. Tomašić, T. Topalović, D. Vusić, 2015: Produkcija biomase amorfe u gospodarskoj jedinici „Slavir“, Šumar. list, 9-10: 419-427
 - Zianis, D., P. Muukkonen, R. Mäkipää, M. Mencuccini, 2005: Biomass and Stem Volume Equations for Tree Species in Europe, The Finnish Society of Forest Science and The Finnish Forest Research Institute, 63 str., Tampere

SUMMARY

The gypsy moth (*Lymantria dispar*) is one of the most important forest pests in Croatia and a primary biotic factor responsible for oak decline, especially when tree defoliation during mass outbreaks is followed by infections with the oak powdery mildew (*Erysiphe alphitoides*). Population dynamics of gypsy moth differs between the two main regions of Croatia. In the Continental part, outbreaks occur in cycles every 10 to 11 years, the last one was recorded from 2012 – 2014. In the Mediterranean part, outbreaks are more frequent and less synchronized between sites. Key elements for sustainable forest management are forest pest monitoring programs and the assessment of pest population densities in time and space. In the case of gypsy moth, this is especially true since protection measures should be applied properly and only when prognoses of outbreaks predict severe negative impacts on the forest stands. Gypsy moth population density assessment in Croatia is carried out by counting the egg masses along transects in the forest stand. Predictions of infestation levels, through the number of gypsy moth egg masses per tree or hectare, uses five classes. Calculations include the number of trees with at least one egg mass, expressed in percentage of total. In the case of defoliators like gypsy moth, the basis for the prediction of defoliation is the average leaf mass consumed per one larva. According to Androić (1965) a single larva consumes 12 g leaf material, however, detailed descriptions of the experimental setup and the tree species used for the feeding trials are missing.

The aims of this paper were to (1) redefine the critical numbers of gypsy moth egg masses used so far for pedunculate oak (*Quercus robur*) and (2) define critical numbers for common beech (*Fagus sylvatica*).

Egg masses for the laboratory experiments were collected in the continental region (forest area near city of Koprivnica) in December 2015. First, larvae were fed in groups from hatching to the end of the third instar with pedunculate oak or common beech leaves. Newly emerged fourth instars were then separated and kept individually. Larvae were weighed daily from the start of the fourth instar until the prepupal stage. Mass of pupae were determined three days after pupation. Fresh leaves used for feeding were weighed daily, the unconsumed leaf remains were collected, dried and also weighed. The leaf material was changed weekly. The fresh/dry mass ratio were calculated for each week to assess the dry mass of freshly given leaves. The average dry leaf mass consumed per larva was used to calculate the critical numbers of gypsy moth egg masses per tree and stand. The average leaf mass per one tree was calculated from biomass models on a dry mass basis.

The recalculated critical numbers of gypsy moth egg masses for pedunculate oak are higher in comparison with the ones used until recently. Data relating to critical numbers of gypsy moth egg masses for common beech represent new findings for Croatia. Until recently, all defoliation predictions in common beech stands were based on data used for pedunculate oak. The higher critical numbers of gypsy moth egg masses is confirmed for the management units Ključevi (pedunculate oak) and Petrinjčica (common beech).

In this study we also redefined the the average leaf mass consumed per one larvae. New critical numbers of egg masses still require field validation during the next gypsy moth outbreak. Future research about critical numbers of gypsy moth egg masses could implement data from yield tables (site quality and ecological and economic types (EGT)) and data from the national forest inventory. Usage of currently available biomass models points out the need for further studies about average leaf mass per one tree in Croatia (Table 5 and 6), in order to calculate critical numbers of gypsy moth egg masses more precisely.

KEY WORDS: forest pest, population density, egg masses, larva