

Meža ugunsbīstamības prognozes

Āris Jansons^{1*}, Jānis Donis¹, Guntars Šņepsts¹,
Jānis Jansons² un Māra Zadiņa¹

Jansons, Ā., Donis, J., Šņepsts, G., Jansons, J., un Zadiņa, M., 2015.
Meža ugunsbīstamības prognozes. *Mežzinātne* 29, 70–83.

Kopsavilkums. Meža ugunsgrēki var nodarīt ievērojamus finansiālus zaudējumus, tādēļ ir būtiski iespējami precīzi raksturot un prognozēt meža ugunsbīstamību, lai veiktu preventīvus pasākumus. Meža ugunsbīstamību var raksturot ar indeksu, kura korelācija ar nobiru mitrumu (nosaka aizdegšanās varbūtību) un zem nobīrām esošā augsnes virsējās kārtas organiskā degmateriāla mitrumu (nosaka uguns saglabāšanos un degšanas intensitāti) ir iespējami cieša. Pētījuma mērķis bija identificēt šādu indeksu un raksturot tā izmaiņas klimata izmaiņu ietekmē.

Augsnes virsējā slāņa mitruma mērījumi triju gadu posmā (2012.–2014.) veikti trijās pētījuma vietās Latvijas rietumu un centrālajā daļā, kopumā 69 mežaudzēs (valdošās sugas: priede, egļe, bērzs, apse), vienlaikus ievācot arī meteoroloģiskos datus. Novērtēta to korelācija ar četriem ugunsbīstamības indeksiem: Nesterova, modificēto Nesterova un Kanādas uguns laika apstākļu indeksu (un tā komponentēm).

Lielākā daļa indeksu labi raksturoja nobiru mitrumu ($r = -0,43 \dots -0,50$, izņemot vienu, kur $r = -0,25$), vājāk – daļēji sadalījušos nobiru slāņa (2–5 cm dziļumā) mitrumu ($r = -0,27 \dots -0,39$), pavisam vāji – „trūdzemes” slāņa (6–10 cm dziļumā) mitrumu ($r = -0,16 \dots -0,41$). Kanādas uguns laika apstākļu indeksam un tā sastāvā ietilpstošajam sausuma kodam bija augstākā korelācija ar visu vērtēto slāņu mitrumu, tādēļ to rekomendējams izmantot ugunsbīstamības raksturošanai Latvijā.

Izmantojot Kanādas uguns laika apstākļu indeksu, aprēķināts, ka lielākajā daļā Latvijas teritorijas, laika periodā no 1980. līdz 2009. gadam, vidēji gadā bijušas 5 līdz 20 dienas ar sevišķi augstu ugunsbīstamību, taču nākotnē (2031.–2060. g.g.) šādu dienu skaits ievērojami pieaugs, sasniedzot 30...50. Tādēļ ir būtiski veikt investīcijas, lai ilgtermiņā uzlabotu meža uguns apsardzības efektivitāti.

Raksturvārdi: augsnes virskārtas mitrums, nobiru mitrums, ugunsbīstamības indekss.

•••

¹ Latvijas Valsts mežzinātnes institūts “Silava”, Rīgas iela 111, Salaspils, LV-2169, Latvija;

* e-pasts: aris.jansons@silava.lv

² SIA “Meža nozares kompetences centrs”, Dzērbenes iela 27, Rīga, LV-1006, Latvija

Jansons, A.^{3*}, Donis, J.³, Sņepsts, G.³, Jansons, J.⁴, and Zadiņa, M.³ **Prognosis of forest fire danger.**

Abstract. Forest fires can cause notable financial losses; therefore it is important to precisely assess forest fire danger in order to enact adequate preventive measures. Forest fire danger can be best characterized with index that has strong correlation with litter moisture (determines fire ignition probability) and moisture of organic materials in upper soil layer (determines, if the initial fire will persist). Therefore aim of the study was to identify such and index and analyse its changes as a results of climate changes.

Moisture of litter, duff and humus (or turf) layers of soil was regularly measured from 2012 to 2014 (April–October) in altogether 69 forest stands with various age and dominant tree species (Scots pine, Norway spruce, silver birch, common aspen). Stands were representing different fire danger classes according to classification currently used in Latvia. In three sites meteorological stations were placed in such a way, that largest distance from sampled stand to the station would not exceed 2.5 km. Hourly data on temperature and precipitation were collected and used for calculations of following fire danger indexes: Nesterov, Modified Nesterov, Canadian Fire Weather (and its components (Fine fuel moisture code, Duff moisture code, Drought code). Calculation of climate change impact were based on ENSEMBLES models, downscaled for Latvia, A1B climate change scenario.

Moisture of organic matter was strongly affected by group of forest types, representing a fire danger class. Litter layer had lowest moisture (on average 17.7%) and largest its fluctuations. Moisture of duff layer was always greater than that of litter layer (on average 30.4%) and smaller than that of humus layer (37.4%). Most of fire danger indexes correlated well with moisture of litter layer ($r = -0.43 \dots -0.50$, except for one, where $r = -0.25$). Correlation with moisture of duff layer (depth 2–5 cm) was lower ($r = -0.27 \dots -0.39$), and with moisture of humus layer (depth 6–10 cm) – lowest ($r = -0.16 \dots -0.41$). Canadian Fire Weather index (*FWI*) and its drought code had strongest correlation with moisture of measured soil layers and therefore were recommended for characterisation of forest fire danger in Latvia.

Most of territory of Latvia in a period from 1980 to 2009 had on average 5 to 20 days with high fire danger ($FWI > 17$) per year, but in near future (2031–2060) the number of such days is predicted to reach 30...50 per year. Therefore it is recommended to invest in infrastructure important for forest fire prevention and protection.

Key words: moisture of upper soil layer, moisture of litter, fire danger index.

•••

³ Latvian State Forest Research Institute “Silava”, 111 Rīga str., Salaspils, LV-2169, Latvia;

* e-mail: aris.jansons@silava.lv

⁴ Forest Sector Competence Center Ltd., 27 Dzerbenes str., Rīga, LV-1006, Latvia

Янсонс, А.^{5*}, Донис, Я.⁵, Шнепстс, Г.⁵, Янсонс, Я.⁶, и Задыня, М.⁵ **Прогнозы огнеопасности в лесу.**

Резюме. Лесные пожары наносят большие финансовые потери, поэтому для проведения превентивных мероприятий очень важно точно охарактеризовать и прогнозировать огнеопасность в лесной среде. Это возможно осуществить с помощью индекса, корреляция которого со влажностью опада (определяет вероятность воспламенения) и влажностью находящегося под опадом на поверхности почвы возгораемого органического материала является плотной. Цель данного исследования – идентифицирование такого индекса и охарактеризование его изменения под влиянием изменений климата.

Измерения влажности верхнего слоя почвы проводились с 2012 до 2014 года в трёх местах в западной и центральной частях Латвии, в общем итоге измерено 69 лесонасаждений (доминирующие породы – сосна, ель, осина), одновременно собраны необходимые метеорологические данные. Оценена их корреляция с четырьмя индексами огнеопасности: индексом Нестерева, с модифицированным индексом Нестерева и с Канадским индексами огнеопасных погодных условий (и с его компонентами).

Большинство индексов хорошо определили влажность опада ($r = -0,43 \dots -0,50$, кроме одного $r = -0,25$), в свою очередь слабее – влажность частично разлагающегося слоя опада на глубине 2–5 см ($r = -0,27 \dots -0,39$), но совсем слабо – влажность слоя перегнойной земли на глубине 6–10 см ($r = -0,16 \dots -0,41$). Канадский индекс огнеопасности погодных условий и содержащийся в его составе код сухости имели наивысшую корреляцию со влажностью всех оценённых слоев и поэтому рекомендован для определения огнеопасности в Латвии. Используя Канадский индекс, вычислено что в период от 1980 до 2009 года наибольшая часть территории Латвии, в среднем 5...10 дней в году, была подвергнута особо высокой огнеопасности, но в будущем (2031–2060 г.г.) число таких дней значительно возрастёт, достигнув 30...50 дней в году. Поэтому существенно важны долгосрочные вложения, которые улучшат эффективность противопожарной защиты лесных площадей.

Ключевые слова: влажность верхнего слоя почвы, влажность опада, индекс огнеопасности.

⁵ Латвийский государственный институт лесоведения «Силава», ул. Ригас 111, Саласпилс, LV-2169, Латвия; * эл. почта: aris.jansons@silava.lv

⁶ ООО «Meža nozares kompetences centrs», ул. Дзербенес 27, Рига, LV-1006, Латвия

Ievads

Ugunsgrēkiem ir liela nozīme cilvēku neapsaimniekotā meža ekosistēmā, tās sugu sastāva noteikšanā, atsevišķu sugu izplatīšanās un/vai to dzīves vides uzlabošanās veicināšanā (Milberg *et al.*, 2015). Vienlaikus meža (savvaļas) ugunsgrēki negatīvi ietekmē cilvēku saimniecisko darbību. Lai to mazinātu, vēsturiski patērēts daudz resursu un pūļu, tādēļ Eiropā jau vairākus gadsimtus nerunā par dabisku, bet gan par cilvēku vairāk vai mazāk ietekmētu uguns režīmu (Niklasson, Granström, 2000). Investīcijas meža apsardzības un infrastruktūras sistēmas izveidē un uzturēšanā Latvijā ir radījušas situāciju, ka vidējā uguns skartā platība nav liela: saskaņā ar Valsts meža dienesta datiem pēdējos 10 gados tās apjoms ir tikai 0,93 ha, turklāt mediāna ir 0,10 ha. Cilvēks mūsdienās ne tikai kontrolē (dzēš) meža ugunsgrēkus, bet nereti pats ir arī to izraisītājs – neuzmanīga apiešanās ar uguni vai pat ļaunprātīga dedzināšana Latvijā bijusi par cēloni vairāk nekā 99 % meža ugunsgrēku (Roga, 1979). Līdzīgi statistikas dati ir arī citās mūsu reģiona valstīs (Schmuck *et al.*, 2014). Cilvēka lomu meža ugunsgrēku izcelšanās sakarā uzrāda arī izdegušo platību ģeogrāfiskais izvietojums: lielākā to daļa atrodas divu lielāko Latvijas pilsētu – Rīgas un Daugavpils – apkārtnē (Donis *et al.*, 2014).

Meža ugunsgrēku izcelšanās varbūtību un ietekmi uz kokiem (t.i., risku) raksturo ugunsbīstamība, ko nosaka:

- 1) konkrētās vietas augsnes un reljefs;
- 2) kokaudzes parametri (sugu sastāvs, vecums, koku dimensijas u.c.), kas ietekmē koku dzīvo šūnu aizsargātības

pakāpi (mizas biežums, sakņu sistēmas izvietojums, vainaga attālums līdz karstuma avotam);

- 3) meteoroloģiskie apstākļi (pirms ugunsgrēka, tā laikā, pēc ugunsgrēka);
- 4) visu iepriekš minēto faktoru mijiedarbība, kas nosaka degšanas intensitāti un ugunsgrēka veidu (vainaguguns, skrejuguns, zemdega).

Meža ugunsgrēka ietekme uz kokiem var būt gan tieša (stumbra, vainaga, sakņu bojājumi), kā rezultātā koki var iet bojā 1–3 gadu laikā (Donis *et al.*, 2010), gan netieša (paaugstināts kukaiņu invāzijas vai vēja bojājumu risks).

Meteoroloģisko apstākļu nosacītā ugunsbīstamība saistāma ar aizdegšanās varbūtību un degšanas intensitāti: to pieņemts raksturot ar indeksu. Aizdegšanās parasti sākas nobiru slānī (Davies, Legg, 2011). Tās varbūtība ir atšķirīga dažādu koku un zemsedzes augu sugu nobīrām ar atšķirīgu ķīmisko sastāvu (Plucinski, Andersson, 2008), dažādiem nobiru veidiem (Fernandes, Cruz, 2012) un to kombinācijām. Aizdegšanās varbūtību lielā mērā ietekmē meteoroloģiskie apstākļi (temperatūra, mitrums, vēja ātrums) un nobiru mitrums (Marino *et al.*, 2010), kam īpaša nozīme ir pavasara periodā (Davies, Legg, 2011), kad Latvijā visbiežāk novērojami meža ugunsgrēki (Roga, 1979). Ar meteoroloģiskajiem apstākļiem saistīto ugunsbīstamību precīzāk varētu raksturot tāds indekss, kam būtu ciešāka korelācija ar nobiru un tām tuvu esošā degmateriāla (kas nozīmīgs sākotnējai uguns uzturēšanai / degšanas intensitātei) mitrumu. Šādu ugunsbīstamības rādītāju izvērtējums Latvijā līdz šim nav veikts.

Precīzs ugunsbīstamības novērtējums un tās izmaiņu prognozes ir nozīmīgas preventīvu pasākumu veikšanai (piemēram, nosakot aizliegumu dedzināt mežā ugunsiskus), kā arī meža apsardzības pasākumiem nepieciešamo resursu plānošanai. Savukārt ilgtermiņa ugunsbīstamības izmaiņu tendences ir būtiska informācija, pieņemot stratēģiskus lēmumus, piemēram, par infrastruktūras attīstīšanu. Eiropas mēroga novērojumi liecina, ka klimata izmaiņu ietekmē ugunsgrēku skartās platības palielināsies, jūtami ietekmējot mežos uzkrātā oglekļa apjomu (Seidl *et al.*, 2014). Tomēr konkrētu apsardzības pasākumu plānošanai un ekonomiskai izvērtēšanai nepieciešamas detalizētākas prognozes par konkrētajā valstī un reģionā sagaidāmajām ugunsbīstamības izmaiņām. Līdz ar to mūsu pētījuma mērķis ir identificēt ugunsbīstamību precīzāk raksturojošo indeksu un noteikt tā izmaiņas klimata izmaiņu ietekmē.

Materiāls un metodes

Pētījuma materiāls ievākts eksperimentālajos objektos trijās dažādās Latvijas vietās – Piejūras zemienē (Mazirbe) un Austrumzemgalē (Vecumnieki) 2012. un 2013. gadā, kā arī Ventaszemē (Ugāle) 2012., 2013. un 2014. gadā. Katrā pētījumu vietā veikts meteoroloģisko apstākļu (gaisa temperatūra, relatīvais mitrums, vēja ātrums (10 m augstumā), nokrišņu (lietus) daudzums) monitorings, izmantojot pārvietojamās meteostacijas *Vantage Pro2*, kas uzstādītas atklātā vietā (vismaz 100 m attālumā no dabiskiem vai mākslīgiem šķēršļiem), ne vairāk par 2,5 km no tālākā pa-

rauglaukuma mežā. Parauglaukumi ierīkoti četru valdošo koku sugu – priede (*Pinus sylvestris*), egle (*Picea abies*), bērzs (*Betula pendula*), apse (*Populus tremula*) –, dažādu meža tipu un vecumu audzēs ar atšķirīgām ugunsbīstamības klasēm (1., 2. tab.).

Parauglaukumos novērtēts:

- 1) augsnes mitrums (divos dziļumos: 0–5 cm un 10–15 cm), kas katrā uzmērīšanas reizē noteikts vismaz 2 parauglaukuma vietās, pielietojot augsnes mitruma mērītāju (*Soil moisture meter*). Katra parauglaukuma novērtējums 2012. gadā veikts 10–15 reizes sezonā, 2013. gadā 16–22 reizes sezonā un 2014. gadā (ne visos pētījuma objektos) 10 reizes;
- 2) nobiru un zemsegas mitrums, pielietojot DMM600 (*Duff moisture meter*) CAMPBELL SCIENTIFIC, atbilstoši rokasgrāmatā norādītajai metodikai. Mitrums uzmērīts augsnes virskārtā 0–2 cm (ieskaitot nesadalījušās nobiras), 2–5 cm dziļumā (daļēji sadalījušos nobiru slānis) un 5–10 cm dziļumā (humusa jeb „trūdzesmes” slānis). Mērījumi katrā parauglaukumā katrā mērīšanas dienā veikti vismaz 2 atkārtojumos, bet katrā objektā – 4–5 reizes sezonā;
- 3) iepriekšējā gadā nozāģēto koksnes paraugu (priedes stumbra nogrieznis bez mizas, apmēram 1 m garš, caurmērs 6–8 cm) mitrums, pielietojot koksnes mitruma mērītāju *Wood moisture meter* T500. Koksnes paraugi novietoti uz zemesdzies parauglaukuma centra tuvumā. Mērījumi veikti 2012. gadā 11–15 reizes sezonā un 2013. gadā 17 (16–20) reizes sezonā.

1. tabula / Table 1

Parauglaukumu skaits dalījumā pa ugunsbīstamības klasēm un valdošajām koku sugām
Distribution of sample plots based on dominant tree species and fire danger classes

Valdošā suga <i>Dominant tree species</i>	Ugunsbīstamības klase* <i>Fire danger class*</i>								Kopā <i>Total</i>
	I	I/II**	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Priede / <i>Scots pine</i>	3	4	6	5	3	12	3	2	38
Egle / <i>Norway spruce</i>	–	–	4	–	–	5	3	–	12
Bērzs / <i>Birch</i>	–	–	2	–	–	7	1	–	10
Apse / <i>Common aspen</i>	–	–	–	–	–	–	1	–	1
Izcirtums*** / <i>Clearcut***</i>	–	–	1	–	2	4	1	–	8
Kopā / <i>Total</i>	3	4	13	5	5	28	9	2	69

* atbilstoši Ugunsdrošības noteikumiem (MK 02.17.2004. noteikumi Nr. 82), kur I – augstākā ugunsbīstamība, V – zemākā / *according to Fire safety regulation of Cabinet of Ministers No 82 from 02.17.2004., where I – highest fire danger, V – lowest;*

** pirmais skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc Ugunsdrošības noteikumiem (MK 02.17.2004. noteikumi Nr. 82), t.i., atkarībā no meža tipa, audzes vecuma, koku sugas; otrais skaitlis – ugunsbīstamības klase pēc MK noteikumos norādītās meža tipu klasifikācijas / *first number – fire danger class according to Fire safety regulation of Cabinet of Ministers No 82 from 02.17.2004., i.e., based on forest type, stand age and dominant tree species, second number – according to forest type;*

*** ne vecāks par 2 gadiem, neatkarīgi no valdošās koku sugas / *not older than 2 years, regardless of dominant tree species.*

2. tabula / Table 2

Parauglaukumu skaits dalījumā pa ugunsbīstamības klasēm un meža tiptiem
Distribution of sample plots based on forest types and fire danger classes

Meža tips <i>Forest type</i>	Ugunsbīstamības klase <i>Fire danger class</i>								Kopā <i>Total</i>
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
<i>Cladinoso mel. (As)</i>	–	–	6	–	–	10	–	–	16
<i>Hylocomiosa (Dm)</i>	–	–	3	–	–	9	–	–	12
<i>Myrtilloso-sphagnosa (Dms)</i>	–	–	–	3	–	–	2	–	5
<i>Vacciniosa turf. mel. (Km)</i>	–	–	2	–	–	3	–	–	5
<i>Myrtilloso turf. mel. (Ks)</i>	–	–	2	–	–	6	–	–	8
<i>Vacciniosa (Mr)</i>	–	4	–	–	5	–	–	–	9
<i>Vaccinioso-sphagnosa (Mrs)</i>	–	–	–	2	–	–	2	–	4
<i>Caricoso-phragmitosa (Nd)</i>	–	–	–	–	–	–	–	2	2
<i>Cladinoso-callunosa (Sl)</i>	3	–	–	–	–	–	–	–	3
<i>Oxalidosa (Vr)</i>	–	–	–	–	–	–	5	–	5
Kopā / <i>Total</i>	3	4	13	5	5	28	9	2	69

Ugunsbīstamības klašu apzīmējumi kā 1. tabulā / *Denotations of fire danger classes as in Table 1.*

Izmantojot ievāktos meteoroloģiskos datus, aprēķināti vairāki ugunsbīstamības indeksi: Ņesterova indekss (NI), modificētais Ņesterova indekss (MNI), Portugāles indekss (PI) un Kanādas uguns laika apstākļu indekss (FWI).

Par Ņesterova indeksu sauc PSRS Hidrometeocentra izstrādāto komplekso ugunsbīstamības rādītāju, kas ir pārveidots Ņesterova 1939. gadā izveidotais ugunsbīstamības indekss (1):

$$NI = \sum_{i=1}^W T_i \cdot (T_i - D_i), \quad (1)$$

kur

NI – Ņesterova indekss (*Nesterov index*);

W – dienu skaits kopš lietus > 3 mm (*number of days since rain > 3 mm*);

T_i – i -tās dienas pusdienas laika t (°C) (*noon temperature of the i^{th} day*);

D_i – i -tās dienas rasas punkta t (°C) (*temperature of dew point of the i^{th} day*).

Atbilstoši oficiālajai metodikai, Ņesterova indeksa uzskaitīšana sākama pavasarī pēc sniega nokušanas, kad vidējā diennakts temperatūra paaugstinās virs 0°C, un turpināma, līdz nokrišņu daudzums diennakts laikā pārsniedz 3 mm. Ja lietus pārsniedz 3 mm diennaktī, Ņesterova indeksa vērtību pieņem par atbilstošu 0. Uzskaitīšana izbeidzama rudenī, kad vidējā diennakts temperatūra ir < 0°C.

Modificēto Ņesterova indeksu izsaka šāda sakarība (2):

$$MNI = K \sum_{i=1}^W T_i \cdot (T_i - D_i), \quad (2)$$

kur

MNI – modificētais Ņesterova indekss (*Modified Nesterov index*);

W – dienu skaits kopš lietus > 19 mm (*number of days since rain > 19 mm*);

T_i – i -tās dienas pusdienas laika t (°C) (*noon temperature of the i^{th} day*);

D_i – i -tās dienas rasas punkta t (°C) (*temperature of dew point of the i^{th} day*);

K_i – vērtības no 3. tabulas (*value of coefficient K from Table 3*).

Kanādas uguns laika apstākļu indeksu (*Canadian Fire Weather index FWI*, Van Wagner, Pickett, 1985) aprēķina, izmantojot šādus apakšindeksus:

- smalko degmateriālu (maz sadalījušās zaru, lapu u.c. organiskās atliekas) mitruma kods (*Fine fuel moisture code FFMC*);
- nobiru (vidēji līdz gandrīz pilnīgi sadalījušās lapu, skuju, smalko zaru un citu organisko materiālu atliekas, kas atrodas starp smalko degmateriālu un minerālās augsnes slāni 2–5 cm dziļumā) mitruma kods (*Duff moisture code DMC*);
- sausuma (nobiru/ humusa/ kūdras slānim 5–10 cm dziļumā) kods (*Drought code DC*);
- sākotnējās izplatīšanās indekss (*Initial spread index ISI*);
- attīstības indekss (*Build up index BUI*).

Katrs no augstāk minētajiem kodiem un indeksiem aprēķināts, balstoties uz nokrišņu daudzumu iepriekšējā periodā, pusdienas laika temperatūru, relatīvo mitrumu, vēja ātrumu (*FFMC*), kā arī ņemot vērā saules (dienas garuma) ietekmi (*DMC, DC*). Kodu un indeksu aprēķināšanai izmantota vienādojumu sistēma (Van Wagner, Pickett, 1985), kas raksturo žūšanas un mitrināšanās procesus atsevišķi smalkajam degmateriālam (*FFMC*), nobirām (*DMC*), kā arī zemākajos augsnes organiskajos slāņos (*DC*). Ugunsbīstamības indeksa izmaiņu vērtēšanai,

Koeficienta *K* vērtības
Values of coefficient *K*

Koeficienta <i>K</i> vērtība Value of coefficient <i>K</i>	Koeficientam atbilstošais nokrišņu daudzums, mm Corresponding amount of precipitation, mm
1	0
0,8	0,1...0,9
0,6	1,0...2,9
0,4	3,0...5,9
0,2	6,0...14,9
0,1	15,0...19,0
0	>19

saistībā ar klimata izmaiņām, izmantotas projekta “Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām” ietvaros iegūtās modelētās meteoroloģisko parametru vērtības (Cepīte-Frišfelde *et al.*, 2012; Jansons, 2010). Atšķirību būtiskums novērtēts ar dispersijas analīzi, veicot gradācijas klašu salīdzināšanu; izmantots Tjūkija tests (*Tukey HSD*).

Rezultāti un diskusija

Vidējais augsnes virskārtas (visu 3 analizēto slāņu: sākot ar nobirām līdz 10 cm dziļumam) mitrums dažādu ugunsbīstamības klašu audzēs bija atšķirīgs. Statistiski būtiski ($p < 0,05$; $\alpha = 0,05$) zemāks augsnes mitrums, salīdzinājumā ar citu klašu audzēm, bija I un I/II ugunsbīstamības klases audzēs, savukārt, līdzīgs augsnes mitrums konstatēts I/III un III, kā arī I/IV un IV ugunsbīstamības klases parauglaukumos. Tas liecina, ka augsnes virskārtas mitruma svārstības noteikusi meža tipu grupa (meža tipi, kas ietverti vienā ugunsbīstamības klasē), nevis audzes vecums. Augsnes virskārtas mitrums skujkoku jaunaudzēs (I ugunsbīstamības klase),

piemēram, damaksnī (III ugunsbīstamības klase) konstatēts tāds pats kā pieaugušās audzēs šai meža tipu grupā (III ugunsbīstamības klasē).

Salīdzinot mitrumu dažādos slāņos (virsējais nobiru slānis, daļēji sadalījušos nobiru slānis 2–5 cm dziļumā un „trūdžeme” 5–10 cm dziļumā) gan 2012. gadā, gan 2013. un 2014. gadā, konstatētas līdzīgas sakarības: I un II ugunsbīstamības klasē attiecīgā slāņa mitrums bija mazāks nekā pārējās klasēs, bet III un IV ugunsbīstamības klases meža tipos, arī skujkoku jaunaudzēs, nobiru un humusa slāņa mitrums bija līdzīgāks ugunsbīstamības klasei, kas noteikta atbilstoši meža tipam, nevis I ugunsbīstamības klases meža tipi (4. tab.).

Visā analizētajā audžu kopā nobiru slāņa mitrums visos mēnešos (no aprīļa līdz septembrim) vienmēr bija zemāks nekā daļēji sadalījušos nobiru slānim, kas savukārt bija zemāks nekā „trūdzemes” slāņa mitrums – attiecīgās vidējās vērtības 17,7, 30,4 un 37,4 %. Vidējais nobiru slāņa mitrums oktobrī nozīmīgi (gandrīz 2 reizes) pārsniedza

Vidējais nobiru, daļēji sadalījušos nobiru un “trūdzemes” slāņa mitrums
(2012., 2013., 2014. gada mērījumu apkopojums)
Average moisture of litter (fine fuel), duff and humus layers
(summary of measurements in 2012, 2013, 2014)

Mēnesis no gada sākuma Month since the beginning of the year	Ugunsbīstamības klase Fire danger class								Vidēji Ave- rage
	I	I/II	I/III	I/IV	II	III	IV	V	
Vidējais nobiru slāņa mitrums, % <i>Average moisture of litter layer, %</i>									
4	8,8	10,0	15,8	21,8		12,1	23,0	13,7	15,3
5	6,6	7,5	14,2	15,5	8,2	12,6	26,1	48,3	13,9
6	5,8	9,8	21,9	17,2	16,6	12,8	19,2	26,8	15,5
7	10,1	10,6	16,9	23,9	9,9	14,9	19,4	26,0	16,0
8	17,2	17,2	23,7	35,4	20,0	17,6	27,0	43,9	22,7
9	18,5	9,9	24,5	29,8	28,5	14,8	27,8	–	18,9
10	36,3	38,8	42,3	47,7	36,7	35,8	38,7	56,0	40,3
Vidēji / Average	11,2	12,0	19,8	24,8	14,1	14,9	23,5	33,4	17,7
Vidējais daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, % <i>Average moisture of duff layer, %</i>									
4	23,8	26,7	41,1	47,3		31,1	42,3	50,3	37,2
5	18,2	15,9	34,5	38,9	21,9	29,7	51,5	56,7	31,5
6	13,6	18,4	36,8	36,2	18,1	24,5	36,9	41,8	28,7
7	20,9	20,1	32,4	37,9	19,1	26,1	36,2	46,8	28,7
8	22,0	24,6	33,6	44,6	25,9	25,6	42,2	49,1	31,5
9	19,6	20,2	36,8	37,3	33,8	21,5	33,3	–	26,1
10	39,7	36,5	40,7	47,5	29,3	37,1	48,2	55,7	40,4
Vidēji / Average	19,9	20,8	34,5	40,4	22,0	26,4	41,2	48,0	30,4
Vidējais “trūdzemes” slāņa mitrums, % <i>Average moisture of humus layer, %</i>									
4	38,1	28,5	49,4	51,2		41,7	56,0	59,7	45,8
5	25,3	27,5	43,8	47,4	37,1	40,9	56,0	59,1	41,9
6	18,1	24,8	42,7	43,9	27,3	31,3	48,4	51,5	36,6
7	20,0	21,6	38,1	46,3	28,8	32,6	45,4	54,2	35,1
8	23,0	27,1	40,2	47,4	29,9	31,3	51,9	56,9	36,7
9	9,0	28,1	38,7	46,2	35,0	22,1	45,3	–	30,6
10	14,0	27,5	39,2	45,8	27,2	33,2	48,0	58,3	36,8
Vidēji / Average	21,8	25,3	41,0	46,7	31,1	33,5	50,2	55,5	37,4

Ugunsbīstamības klašu apzīmējumi kā 1. tabulā / Denotations of fire danger classes as in Table 1.

augstāko mitruma rādījumu jebkurā citā no izvērtētajiem mēnešiem; nevienā citā slānī tik krasas izmaiņas netika konstatētas, liecinot, ka nobiru slāņa (kas saistīts ar aizdegšanās varbūtību) mitrumu visvairāk ietekmē meteoroloģiskie apstākļi.

Veicot koksnes paraugu mitruma analīzi, netika konstatētas statistiski būtiskas to mitruma atšķirības dažādu ugunsbīstamības klašu audzēs. Tāpat netika konstatētas statistiski būtiskas mitruma izmaiņas 2012. gadā pa mēnešiem, taču šādas izmaiņas novērotas 2013. gadā (5. tab.).

Dati par katra slāņa mitruma izmaiņām visā pētījuma periodā izmantoti, izvērtējot to saikni ar ugunsbīstamību raksturojošajiem indeksiem (6. tab.). Nobiru slāņa mitrums visciešāk korelēja ar Kanādas uguns laika apstākļu indeksu ($r = -0,50$), daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums – ar

Kanādas uguns laika apstākļu indeksu un tā sastāvā ietilpstošo sausuma kodu ($r = -0,39$), savukārt „trūdzemes” slāņa mitrums – ar Kanādas uguns laika apstākļu indeksa sastāvā ietilpstošo sausuma kodu ($r = -0,41$).

Analizējot vēsturiskos meteoroloģiskos datus, konstatēts, ka lielā Latvijas teritorijas daļā jau šobrīd gandrīz katru gadu ir vismaz viena diena, kad Kanādas uguns laika apstākļu indeksa vērtība pārsniedz 17 (klasificēta kā sevišķi augsta ugunsbīstamība), tādēļ šajā aspektā nozīmīgas izmaiņas nākotnē nav gaidāmas (1. att.)

Latvijas teritorijas lielākajā daļā vidēji bija no 5 līdz 20 dienām gadā, kad Kanādas uguns laika apstākļu indeksa vērtība pārsniedza 17 (2. att.), taču, analizējot klimata izmaiņu datus, konstatēts, ka šādu dienu skaits nākotnē palielināsies līdz 30–50 dienām (3. att.).

5. tabula / Table 5

Koksnes paraugu vidējais mitrums dažādos mēnešos 2013. gadā (Tjūkija tests)
Average moisture of wood samples in 2013 (Tukey HSD)

Mēnesis Month	Koksnes paraugu vidējais mitrums dažādās grupās, % Average moisture of wood samples in different groups, %		
	1	2	3
Jūlijs / July	19,89 ^a		
Augusts / August	21,22 ^a		
Jūnijs / June	21,34 ^a		
Maijs / May	24,46 ^a	24,46 ^{a, b}	
Septembris / September		30,24 ^b	
Aprīlis / April			37,85 ^c
Oktobris / October			39,13 ^c

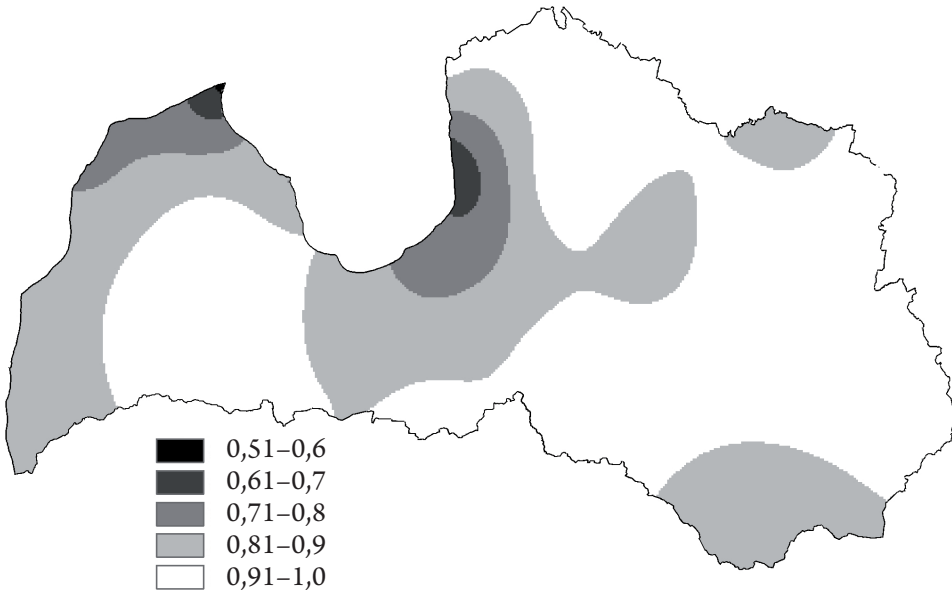
a, b, c – vienādi burti apzīmē rezultātus, kuri statistiski būtiski neatšķiras / results that do not differ statistically significantly, are note with the same letter.

6. tabula / Table 6

Mitruma mērījumu un ugunsbīstamības rādītāju savstarpējā korelācija
Correlation between fire danger indexes and moisture of different soil layers

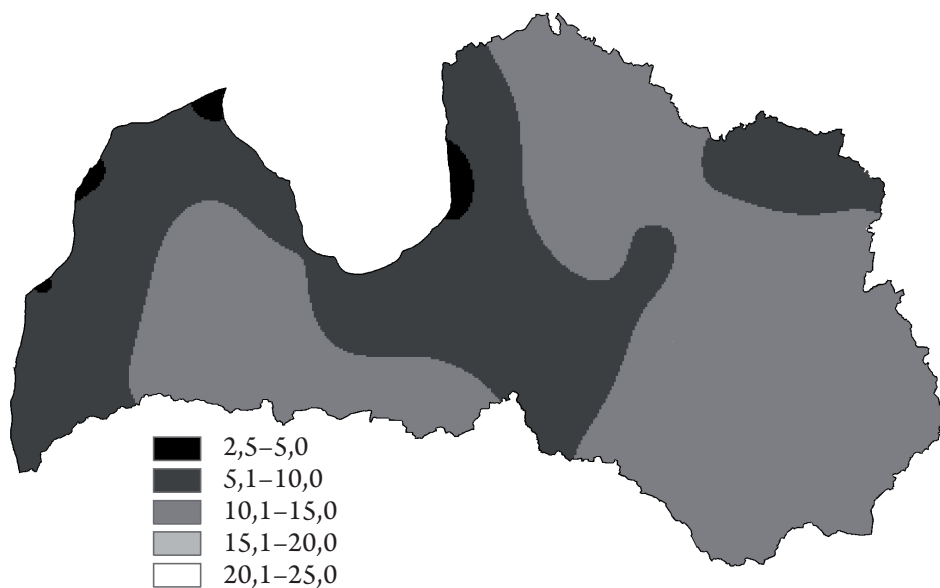
Indekss * Index *	Nobiru slāņa mitrums, % Moisture of litter layer, %	Daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, % Moisture of duff layer, %	“Trūdzesmes” slāņa mitrums, % Moisture of humus layer, %
NI	-0,46	-0,38	-0,26
MNI	-0,46	-0,35	-0,24
FWI	-0,50	-0,39	-0,26
FFMC	-0,43	-0,27	-0,16
DMC	-0,45	-0,37	-0,25
DC	-0,25	-0,39	-0,41

* Indeksu apzīmējumi sadaļā “Materiāli un metodes” / denotations of indexes in chapter “Material and methods”.

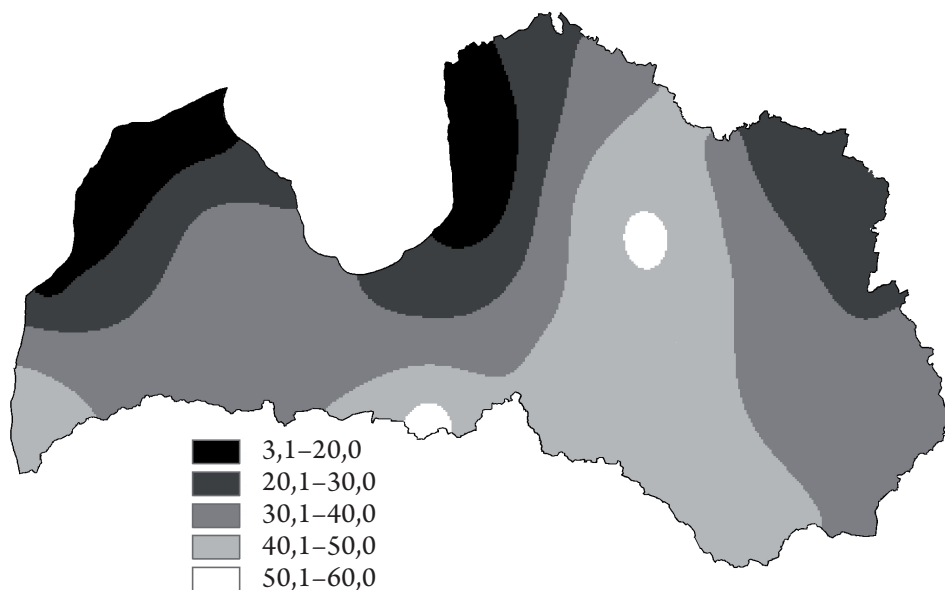


1. attēls. Gadu ar sevišķi augstu ugunsbīstamību (FWI > 17) īpatsvars periodā no 1980. līdz 2009. gadam.

Figure 1. Proportion of years with especially high fire danger (FWI > 17) in a period from 1980 to 2009.



2. attēls. Dienu skaits gadā no 1980. līdz 2009. gadam, kad Kanādas uguns laika apstākļu indeksa vērtība pārsniedza 17.
Figure 2. Number of days per year in a period from 1980 to 2009 when the Canadian Fire Weather index exceeded 17.



3. attēls. Dienu skaits gadā laika periodā no 2031. līdz 2060. gadam, kad Kanādas uguns laika apstākļu indeksa vērtība pārsniegs 17.
Figure 3. Number of days per year in a period from 2031 to 2060 when the Canadian Fire Weather index will exceed 17.

Secinājumi

1. Visā analizētajā audžu kopā nobiru slāņa mitrums no aprīļa līdz septembrim bija zemāks nekā daļēji sadalījušos nobiru slāņa mitrums, kas savukārt bija zemāks nekā „trūdzemes” slāņa mitrums (attiecīgi 17,7, 30,4 un 37,4 %).
2. Augsnes virskārtas mitruma atšķirības saistītas ar meža tipu grupu (meža tipiēm, kas apkopoti vienā ugunsbīstamības klasē), nevis ar audzes vecumu.
3. Kanādas uguns laika apstākļu indeksam un tā sastāvā ietilpstošajam sausuma kodam, salīdzinājumā ar pārējiem analizētajiem indeksiem, ir ciešākā korelācija ar nobiru slāņa, daļēji sadalījušos nobiru slāņa un „trūdzemes” slāņa mitrumu (attiecīgi $r = -0,50$, $r = -0,39$ un $r = -0,41$), tādēļ to rekomendējams izmantot ugunsbīstamības raksturošanai Latvijā.
4. Latvijas teritorijas lielākajā daļā pagājušā gadsimta vidū – šī gadsimta sākumā vidēji bija no 5 līdz 20 dienām gadā, kad Kanādas uguns laika apstākļu indeksa vērtība pārsniedza 17 (sevišķi augsta ugunsbīstamība), taču klimata izmaiņu prognozes liecina, ka mūsu gadsimta vidū šādu dienu skaits sasniegs 30–50. Tādēļ būtiskas ir investīcijas, kas ilgtermiņā paaugstinās meža ugunsapsardzības efektivitāti.

Pateicība: pētījums veikts SIA “Meža nozares kompetences centrs” Eiropas Reģionālās Attīstības fonda projekta “Metodes un tehnoloģijas meža kapitālvērtības palielināšanai” (Nr. L-KC-11-0004) ietvaros.

Literatūra

1. Cepīte-Frišfelde, D., Bethers, U., Seņņikovs, J., and Timuhins, A., 2012. Penalty function for identification of regions with similar climatic conditions. In: Kļaviņš, M., and Briede, A. (eds.). *Climate change in Latvia and adaptation to it*. Riga: University of Latvia Press, pp. 8–18.
2. Davies, G. M., and Legg, C. J., 2011. Fuel moisture thresholds in the flammability of *Calluna vulgaris*. *Fire Technology* 47, 421–436.
3. Donis, J., Zarins, J., and Jansons, A., 2014. Fire disturbance pattern in Latvia: spatial and temporal aspects. *Transactions of the Institute of Forestry and Rural Engineering* (Estonian University of Life Sciences) 40, p. 26.
4. Donis, J., Bičevskis, M., Zdors, L., un Šņepsts, G., 2010. *Meža ugunsgrēka ietekmes uz koka dzīvotspēju novērtēšanas metodikas izstrādi. Zinātniskā pētījuma atskaite*. Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”, 98 lpp.
5. Fernandes, P. M., and Cruz, M. G., 2012. Plant flammability experiments offer limited insight into vegetation-fire dynamics interactions. *New Phytologist* 194, 606–609.
6. Jansons, A., 2010. *Mežsaimniecības pielāgošana klimata izmaiņām. Zinātniskā pētījuma atskaite*. Salaspils: Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”, 133 lpp.
7. Marino, E., Madrigal, J., Guijarro, M., Hernando, C., Diez, C., and Fernandez, C., 2010.

- Flammability descriptors of fine dead-fuels resulting from two mechanical treatments in shrubland: a comparative laboratory study. *International Journal of Wildland Fire* 19, 314–324.
8. Milberg, P., Bergman, K.-O., Norman, H., Pettersson, R. B., Westerberg, L., Wikars, L.-O., and Jansson, N., 2015. A burning desire for smoke? Sampling insects favoured by forest fire in the absence of fire. *Journal of Insect Conservation* 19(1), 55–65.
 9. Niklasson, M., and Granström, A., 2000. Numbers and sizes of fires: long-term spatially explicit fire history in a Swedish boreal landscape. *Ecology* 81, 1484–1499.
 10. Plucinski, M. P., and Anderson, W. R., 2008. Laboratory determination of factors influencing successful point ignition in the litter layer of shrubland vegetation. *International Journal of Wildland Fire* 17, 628–637.
 11. Roga, A., 1979. *Meža ugunsgrēku veidi, to dzēšanas paņēmieni un taktika*. Rīga: LZTIZPI, 58 lpp.
 12. Schmuck, G., San-Miguel-Ayanz, J., Camia, A., Durrant, T., Boca, R., Liberta, G., Petroliaqkis, T., Di Leo, M., Rodrigues, D., and Boccacci, F., 2014. *Forest fires in Europe, Middle East and North Africa 2013*. Luxembourg: European Commission, Joint Research Centre, Publications Office of the European Union, 118 p.
 13. Seidl, R., Schelhaas, M.-J., Rammer, W., and Verkerk, P.J., 2014. Increasing forest disturbances in Europe and their impact on carbon storage. *Nature Climate Change* 4, 806–810.
 14. Ugunsdrošības noteikumi: Latvijas Republikas Ministru kabineta 2004. gada 17. februāra noteikumi Nr. 82. Rīga, 2004.
 15. Van Wagner, C. E., and Pickett, T. L., 1985. Equations and FORTRAN program for the Canadian Forest Fire Weather Index System. Canadian Forestry Service, Petawawa National Forestry Institute, Chalk River, Ontario. *Forestry Technical Report* 33, 18 p.