

Tyšer, D.: Disperze lýkožrouta smrkového – Ips typographus (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru. Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 84 s.

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

EXTEMIT-K

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Disperze lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru.

Bc. Daniel Tyšer

Vedoucí:

Ing. Roman Modlinger, Ph.D.

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Daniel Tyšer

Lesní inženýrství

Lesní inženýrství

Název práce

Disperze lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru.

Název anglicky

Influence wind speed and direction on the dispersion of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) in the windthrow area.

Cíle práce

Následkem větrné bouře Herwart 28. – 29. 10. 2017 vznikla na území NP Šumava řada polomů. V oblasti I. zóny NP Smrčina bylo lokalizováno několik skupin rozsáhlejších polomů v blízkosti státní hranice s Rakouskem. Vzhledem k přítomnosti polomů panuje obava, že soukromé lesy opatství Schlägl, sousedící na rakouské straně bezprostředně s I. zónou Smrčina, budou ohroženy lýkožroutem smrkovým. Cílem práce je stanovit směr šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v závislosti na směru a rychlosti větru.

Metodika

K sledování disperze I. smrkového budou použity pasivní nárazové pasti z čirého plexiskla o velikosti záchytné desky 80 x 50 cm, modifikovaný model použitý dle Duelli et al. (1999) nebo Wermelinger et al. (2002), umožňující odchyt z obou stran záchytné desky. Bariérové pasti budou rozmístěny v pravidelné síti. V sledovaném prostoru bude probíhat měření směru větru, rychlosti větru a teploty. Kolem každého senzoru pro měření rychlosti a směru větru budou umístěny pasti křížově (orientace S, J, V, Z). Celkově bude použito minimálně 50 nárazových pastí, které budou vybírány v pravidelném intervalu, záchytným médiem bude solný roztok. Vyhodnocen bude počet odchycených dospělců lýkožrouta smrkového v závislosti na směru a rychlosti větru.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Romana Modlingera, Ph.D. a použil pouze uvedených literárních pramenů. Jsem si vědom toho, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č.111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne

.....

Poděkování

Velmi děkuji mému vedoucímu práce Ing. Romanu Modlingerovi, Ph.D. za veškeré rady s touto prací, zejména pak za pomoc při zpracování výsledků a dat, za jeho ochotný a trpělivý přístup a za poskytnutí stěžejních materiálů, které jsem použil při vzniku této práce. Současně bych rád poděkoval všem mým kolegům, se kterými mi bylo potěšením na Smrčíně spolupracovat:



Ing. Roman Modlinger, Ph.D.; František Modlinger; Ing. Karel Kuželka, Ph.D; Ing. Zdeněk Rouč; Mgr. Stepan Raevsky; a Bc. Martin Leiner

OBSAH

PROHLÁŠENÍ	3
PODĚKOVÁNÍ	4
ANOTACE.....	7
ANNOTATION	8
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	9
1 ÚVOD.....	13
2 CÍL PRÁCE.....	15
3 LITERÁRNÍ REŠERŠE	16
3.1 LÝKOŽROUT SMRKOVÝ	16
3.1.1 <i>Morfologie lýkožrouta smrkového.....</i>	<i>17</i>
3.1.2 <i>Rozšíření lýkožrouta smrkového.....</i>	<i>18</i>
3.1.3 <i>Bionomie lýkožrouta smrkového</i>	<i>20</i>
3.2 VÍTR	29
3.3 ROZLOŽENÍ TERMÍNOVÝCH RYCHLOSTÍ VĚTRU	29
3.4 ROZLOŽENÍ MAXIMÁLNÍCH DENNÍCH NÁRAZŮ VĚTRU	30
3.5 BEAUFORTOVA STUPNICE SÍLY VĚTRU.....	30
3.6 CHOVÁNÍ.....	31
3.6.1 <i>Létání</i>	<i>31</i>
3.6.2 <i>Volatilní látky ovlivňující chování lýkožrouta smrkového.....</i>	<i>31</i>
3.7 SYMPTOMY NAPADENÍ LÝKOŽROUTEM SMRKOVÝM	32
3.7.1 <i>Závrtové otvory</i>	<i>32</i>
3.7.2 <i>Drtinky</i>	<i>32</i>
3.7.3 <i>Změny stromové koruny</i>	<i>33</i>
3.7.4 <i>Opadávání kůry z kmene</i>	<i>34</i>
3.8 PREVENTIVNĚ OCHRANNÁ OPATŘENÍ	34
3.8.1 <i>Monitoring.....</i>	<i>34</i>
3.9 PŘEHLED OCHRANNÝCH OPATŘENÍ.....	35
3.9.1 <i>Kontrola</i>	<i>36</i>
3.9.2 <i>Těžba napadených stromů.....</i>	<i>36</i>
3.9.3 <i>Stromové lapáky.....</i>	<i>37</i>
3.9.4 <i>Feromonové lapáče.....</i>	<i>37</i>
3.9.5 <i>Otrávené lapáky</i>	<i>38</i>
3.9.6 <i>Stojící navnazené stromy.....</i>	<i>38</i>
3.9.7 <i>Asanace.....</i>	<i>38</i>

Tyšer, D.: Disperze lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru. *Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 84 s.*

3.10	ŠKODY ZPŮSOBENÉ L. SMRKOVÝM	39
4	METODIKA	41
4.1	PŘÍRODNÍ PODMÍNKY	41
4.2	KONSTRUKCE NÁRAZNÍKOVÉ PASTI.....	42
4.3	ROZMÍSTĚNÍ PASTÍ.....	43
4.4	MĚŘENÍ SMĚRU VĚTRU	44
4.5	MATERIÁL A METODIKA	45
4.6	PŘEHLED POČASÍ A VÝVOJE LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V ZÁJMOVÉM ÚZEMÍ.....	46
5	VÝSLEDKY.....	50
5.1	ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V OBDOBÍ 24. 5. – 6. 6. 2019	50
5.2	ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V OBDOBÍ 7. 6. – 20. 6. 2019	52
5.3	ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V OBDOBÍ 21. 6. – 3. 7. 2019.....	55
5.4	ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V OBDOBÍ 4.7. – 18.7. 2019	59
5.5	ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V OBDOBÍ 19.7. – 1.8. 2019	62
5.6	ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V OBDOBÍ 2.8. – 15. 8. 2019.....	65
5.7	ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V OBDOBÍ 16.8. – 29.8. 2019.....	68
5.8	ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO V OBDOBÍ 30.8. – 12.9. 2019.....	70
5.9	MODEL ŠÍŘENÍ LÝKOŽROUTA SMRKOVÉHO ZA CELÉ SLEDOVANÉ OBDOBÍ 24.5. – 12.9. 2019	73
6	DISKUSE	76
8	ZÁVĚR.....	79
9	LITERATURA	80

Anotace

Diplomová práce se zabývá šířením I. smrkového v prostředí horských smrkových lesů. Součástí práce je přehled bionomie lýkožrouta smrkového (*Ips typographus*), včetně jeho lesnického významu. Vlastní experiment se zaměřil na přesné zjištění vztahu mezi disperzí I. smrkového vzhledem k intenzitě a směru větru. K tomu účelu bylo v zóně okolí české i rakouské části Smrčiny (Šumava) instalováno celkem 76 bariérových pastí (náhodný odchyt ze čtyř světových stran) a 10 senzorů pro měření směru a rychlosti větru. Odběr zachycených jedinců I. smrkového probíhal v 14 denním intervalu. Počet odchycených lýkožroutů byl dán do vztahu k okolí pastí, četnost větrů o různých rychlostech a směrech. K vyhodnocení získaných dat bylo použito generalizovaného lineárního modelu pro korelovaná data. Za celé sledované období bylo do nárazových pastí odchyceno celkem 1 324 jedinců I. smrkového. Model vyhodnocující celé sledované období prokázal významnost faktoru okolí s odlišností v disperzi během různé fáze vegetační sezóny – vyhledávání stromů pro založení generace, budování požerku a kladení vajíček a přerojování. Směr disperze na lokalitě nejvíce ovlivňovala přítomnost atraktivních polomů. Migrace I. smrkového mezi územím NP Šumava a Rakouskou nebyla v roce 2019 prokázána.

Klíčová slova:

lýkožrout smrkový, polom, NP Šumava, směr a rychlost větru, disperze

Annotation

The thesis is dealing with spreading of the European spruce bark beetle in the natural mountain spruce forest. Review of knowledges about bionomy and importance of the *Ips typographus* is included. The experimental part was focused to exact evaluation relationship between dispersion behavior of the *I. typographus* and wind speed and direction. For this purpose was established 76 flight-intercept traps (random sampling from four cardinal sides) and 10 sensors for measurement of the wind speed and direction. Sampling from the traps was realized in 14 days interval. The number of catches beetles were evaluated comparing to surroundings of the traps, density of the winds with different speed and directions. For statistical evaluation was used generalized estimating equation due to correlated observations. In the whole season were caught 1 324 individuals of the *I. typographus*. Model to whole period demonstrated significance of the surroundings for dispersal behaviour in different phases of hthe bark beetle life – searching for suitable trees for establishing new generation, ovipositioning, sister-brood. Direction of the dispersion in the locality was mainly affected by presence of fresh wind-throhws. Significant spreading of the bark beetles between NP Šumava and austrian side wasn't observed in the 2019.

Key words:

European spruce bark beetle, wind-fallen trees, Šumava National Park, wind speed and direction, dispersion

Seznam tabulek

Tab. 1: Zoologické začazení I. smrkového.....	16
Tab. 2: Beaufortova stupnice.....	28
Tab. 3: Stupně napadení -Lapač:.....	34
Tab. 4: Stupně napadení -Lapák:.....	34
Tab. 5: Těžba Lesů České republiky.....	36
Tab. 6: Model se všemi proměnnými.....	49
Tab. 7: Konečný model.....	49
Tab. 8: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů.....	49
Tab. 9: Model se všemi proměnnými.....	52
Tab. 10: Konečný model.....	52
Tab. 11: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů.....	52
Tab. 12: Model se všemi proměnnými.....	55
Tab. 13: Konečný model.....	55
Tab. 14: Porovnání interakce Okolí:Class1_WS_Count pomocí kontrastů.....	55
Tab. 15: Model se všemi proměnnými.....	58
Tab. 16: Konečný model.....	58
Tab. 17: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů.....	58
Tab. 18: Porovnání interakce Okolí:Class2_WS_Count pomocí kontrastů.....	58
Tab. 19: Model se všemi proměnnými.....	62
Tab. 20: Konečný model.....	62
Tab. 21: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů.....	62
Tab. 22: Model se všemi proměnnými.....	65
Tab. 23: Konečný model.....	65
Tab. 24: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů.....	65
Tab. 25: Porovnání interakce Okolí:Class1_WS_Count pomocí kontrastů.....	65
Tab. 26: Model se všemi proměnnými.....	67
Tab. 27: Konečný model.....	67
Tab. 28: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů.....	67
Tab. 29: Model se všemi proměnnými.....	69
Tab. 30: Konečný model.....	69
Tab. 31: Porovnání úrovní interakce Okolí: Class1 pomocí kontrastů.....	69
Tab. 32: Porovnání úrovní interakce Okolí: Class2 pomocí kontrastů.....	69
Tab. 33: Výsledný model šíření lýkožrouta smrkového na Smrčině.....	72

Seznam obrázků

Obr 1: a) dospělec dorsální pohled b) zakončení krovek s charakteristickým uspořádáním zubů	17
Obr. 2: Vývojová stádia Lýkožrouta smrkového.....	18
Obr. 3: Areál rozšíření lýkožrouta smrkového.....	19
Obr. 4: Požerek.....	21
Obr. 5: Objem evidovaného kůrovcového smrkového dříví od roku 1964.....	23
Obr. 6: Kůrovcové těžby v česku.....	25
Obr. 7: Npadený strom.....	34
Obr. 8: Přehled vytěženého kůrovcového dříví na území ČR.....	40
Obr. 9: Evidované kůrovcové dříví ve smrkových porostech (v tis. m ³).....	41
Obr. 10: Sestavení nárazových pasti na vrcholu Smrčiny.....	43
obr. 11: Sestavené nárazníkové pasti.....	43
Obr. 12: Rozmístění nárazníkových pastí (vlastní zdroj).....	44
Obr. 13: Senzory pro měření směru a rychlosti větru.....	45
Obr. 14: Teplota a vlhkost vzduchu během období monitoringu lýkožrouta na Smrčině.....	47
Obr. 15: Suma počtu dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v jednotlivých periodách odběru.....	48
Obr. 16: Přehled relativních odchytů do bariérových pastí, a měření směrů a rychlostí větru za celé sledované období.	49
Obr. 17: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 24. 5. – 6. 6.....	50
Obr. 18: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 24. 5. – 6. 6.....	51
Obr. 19: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 7. 6. – 20. 6.....	53
Obr. 20: Vztah mezi počtem odchycených lýkožroutů a počtem větrů o rychlosti mezi 2–5 ms ⁻¹	53
Obr. 21: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 7. 6. – 20. 6.....	66
Obr. 22: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 21. 6. – 3. 7. 2019.....	56
Obr. 23: Vztah mezi počtem odchycených lýkožroutů a počtem větrů o rychlosti mezi 2–5 ms ⁻¹	56
Obr. 24: Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms ⁻¹ v periodě 21. 6. – 3. 7. 2019.....	57
Obr. 25: Počet větrů o rychlosti mezi 2–5 ms ⁻¹ v periodě 21. 6. – 3. 7. 2019.....	57
Obr. 26: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 21. 6. – 3. 7. 2019.....	58
Obr. 27: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 4.7. – 18.7. 2019.....	60
Obr. 28: Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms ⁻¹ v periodě 4.7. – 18.7. 2019.....	60

Obr. 29: Počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms ⁻¹ v periodě 4.7. – 18.7. 2019.....	60
Obr. 30: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 4.7. – 18.7. 2019.....	61
Obr. 31: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 19.7. – 1.8. 2019.....	63
Obr. 32: Počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms ⁻¹ v periodě 19.7. – 1.8. 2019.....	63
Obr. 33: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 19.7. – 1.8. 2019.....	64
Obr. 34: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 2.8. – 15. 8. 2019.....	66
Obr. 35: Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms ⁻¹ v periodě 2.8. – 15. 8. 2019.....	66
Obr. 36: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 2.8. – 15. 8. 2019.....	67
Obr. 37: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 16.8. – 29.8. 2019.....	68
Obr. 38: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 16.8. – 29.8. 2019.....	69
Obr. 39: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 30.8. – 12.9. 2019	71
Obr. 40: Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms ⁻¹ v periodě 30.8. – 12.9. 2019.....	71
Obr. 41: Počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms ⁻¹ v periodě 30.8. – 12.9. 2019.....	71
Obr. 42: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 30.8. – 12.9. 2019.....	72
Obr. 43: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených za celé sledované období 24.5. – 12.9. 2019.....	75
Obr. 44: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených za celé sledované období 24.5. – 12.9. 2019.....	75
Obr. 45: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených za celé sledované období 24.5. – 12.9.2019.....	75

Tyšer, D.: Disperze lýkožrouta smrkového – Ips typographus (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru. Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 84 s.

1 Úvod

Lýkožrout smrkový a kalamity jím způsobené, představují významné téma daleko přesahující lesnický sektor. Náhlým odlesněním se razantním způsobem mění rostlinná i živočišná biodiverzita, dochází ke zvyšování teploty a světla. Snižuje se vlhkost vzduchu, vzniká větší eroze půdy. Snižuje se retence vody v půdě a dochází jak k vysoušení půd, tak k častějším povodním a odplavování drahocenné úrodné povrchové půdní vrstvy a degradacím stanovišť.

Tato práce vznikla na základě sporu mezi Národním Parkem Šumava a opatstvím Schlägl, vlastníkem horských lyžařských sjezdovek a rozsáhlých lesů, která se nachází na rakouské straně bezprostředně sousedící s přírodě blízkou zónou Smrčina. Následkem působení větrné bouře Herwart, která prostoupila národním parkem v období mezi 28. – 29. 10. 2017 vzniklo mnoho polomů. Vzhledem k již už tehdy sílící gradaci lýkožrouta smrkového začalo opatství nabývat obavy z možných ekonomických ztrát. Jelikož se lesní pozemky kláštera Schlägl nacházejí bezprostředně na hranici s přírodě blízkou zónou Smrčina, kde jsou vyloučeny intervence, při kterých by došlo k narušení lesních ekosystémů. Hrozila zde velmi reálná možnost rozšíření kůrovcové kalamity i za hranice parku. Ze strany národního parku zde jde o žádaný proces, při kterém vlivem sukcese bude les nahrazen odolnějším a přirozeným porostem. Samovolné ponechání porostu l. smrkovým přirozeně působilo hospodářským lesům na německé straně obavy z možných ekonomických ztrát. Během podzimu 2017 a jara 2018 se uskutečnilo několik bilaterálních jednání o možných protiopatřeních a případné kompenzaci následných škod. Za předpokladu, že by se prokázala přímá spojitost mezi šířením z polomů primárně za české hranice, zvolila by rakouská strana možnost domáhat se kompenzace i soudní cestou.

K prokázání hlavních migračních směrů byla oslovena Česká zemědělská univerzita, která představila metodiku Ing. Romana Modlingera Ph.D. pomocí „odchytu do narázových pastí“, současně s vyhodnocováním teploty, směru a síly větru jakož to parametrů ovlivňujících šíření l. smrkového. Terénní práce monitoringu byly započaty 2. srpna 2018.

Touto dobou jsem projevil zvýšený zájem o předmět ochrany lesa a zanedlouho jsem nabídl svoji pomoc přímo na stejnojmenné katedře. Byl mi doporučen Ing. Roman Modlinger Ph.D., se kterým jsme následně jezdili provádět monitoring na Smrčinu. Během vícedenních terénních šetření jsem pochopil, jak významnou mírou může být tento výzkum l. smrkového důležitý nejen pro pochopení jeho chování ale také jako zdroj nových poznatků pro budoucí protipatření v následném usměrňování přemnožení tohoto hospodářsky významného druhu. Současně jako jednou z největších odměn při spolupráci na tomto projektu byla možnost pozorovat přirozené prostředí horské smrčiny, ve které se bez povolení ochrany přírody žádnému člověku nedostalo to štěstí se beztréstně pohybovat.

2 Cíl práce

Cílem práce bylo stanovit za pomoci pasivních nárazových pastí (bez použití feromonu), základní směry šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území. Zájmové území tvoří klidové území Národního parku Šumava č. 132 – Smrčina, přímo přiléhající k státní hranici v délce 1,5 km a hloubce 500 m směrem do vnitrozemí, a k tomu přiléhající rakouská část o zhruba stejné výměře. Důležitým cílem práce je rovněž posoudit vliv směru a rychlosti větru na disperzi lýkožrouta, jakož i vliv daného environmentálního prostředí.

3 Literární rešerše

3.1 Lýkožrout smrkový

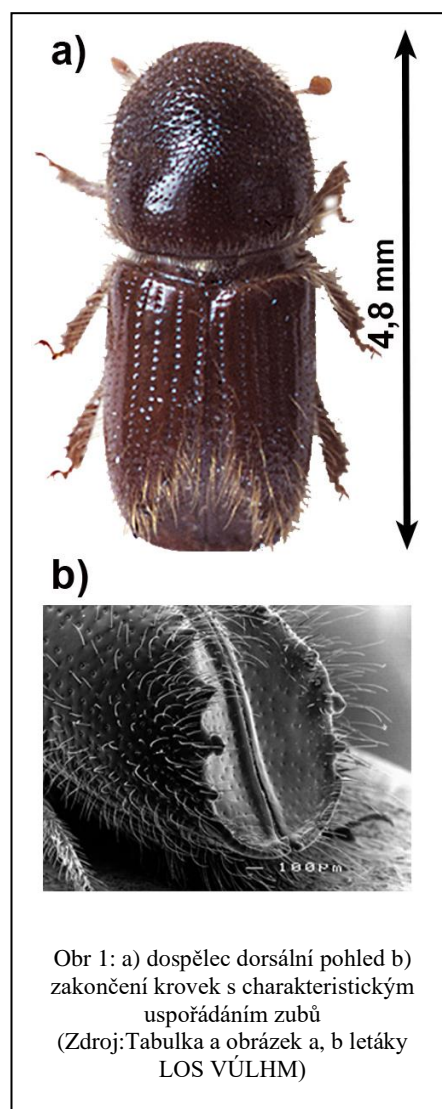
V současnosti je popsáno více než 5800 druhů lýkožroutů (Wood and Bright, 1992) a z toho méně než u sto zástupců byla pozorována přímá spojitost s následným uhynutím hostitele. Mezi nejpočetnější zástupce se řadí rody Lýkohub - *Dendroctonus* a Lýkožrout, jejichž způsob života je téměř totožný: vyvíjí se zejména v raněných nebo oslabených stromech (Kausrud et al., 2011). Lýkožrout smrkový náleží do čeledi nosatcovití (Coleoptera : Curculionidae), a podčeledi kůrovci (Scolytinae) (Modlinger, 2019). Podrobnější zařazení viz Tab 1. Na našem území se vyskytuje celkem 6 zástupců rodu *Ips*, z nichž je hospodářsky nejvýznamnější právě lýkožrout smrkový – *Ips typographus* (Linnaeus, 1758). Jeho životní cyklus je vázán na jehličnaté, převážně smrkové lesy. Mimo smrk ztepilý (*Picea abies* (L.) H. Karst.), může jeho vývoj výjimečně probíhat i na borovici lesní (*Pinus sylvestris* L.) a na modřínu opadavém (*Larix decidua* Mill.) (Zahradník and Knížek, 2007). Jako náš nejvýznamnější sekundární škůdce napadá primárně stromy oslabené nebo poškozené ve věku od 60 let. Jeho působení přispívá ke správnému koloběhu živin a stabilizaci lesního ekosystému. Pokud dojde k jeho přemnožení, představuje velké riziko i pro zdravé porosty (Wermelinger, 2004).

3.1.1 Morfologie lýkožrouta smrkového

Dospělec l. smrkového je 4,2 – 5,5 mm dlouhý. Je červenohnědě zbarven s tmavohnědými krovkami. Nohy s tykadly má žlutohnědé barvy. Prohlubeň na zádi je lemována čtyřmi páry zoubků z nichž třetí zub v pořadí od zadečku je největší (obr. 1). Jejich válcovitý tvar je uzpůsoben k budování chodeb pod kůrou stromu u cévních svazků lýka. Od ostatních lýkožroutů rodu *Ips* se odlišuje tykadlovou paličkou s charakteristicky rovnými švy a s netečkovaným mezirýžím na krovkách. U obou pohlaví není jasně viditelný dimorfismus, pouze samice má více ochlupený přední okraj štítu s čelem. Samičky mají dále oproti samcům výrazně vyšší počet trichomů na přední části pronota a rýhami pod ústním ústrojím. Samci mají výrazně větší třetí zub, který se u vrcholu mírně rozšiřuje (Pfeffer, 1955). Pro spolehlivé určení se tak provádí rozbor pohlavního ústrojí.

Tab 1: Zoologické zařazení l. smrkového

Zoologické zařazení lýkožrouta smrkového			
Říše:	Animalia	-	Živočichové
Kmen:	Arthropoda	-	Členovci
Třída:	Insecta	-	Hmyz
Řád:	Coleoptera	-	Brouci
Čeleď:	Curculionidae	-	Nosatcovití
Rod:	<i>Ips</i>	-	Lýkožrout



Obr 1: a) dospělec dorsální pohled b) zakončení krovek s charakteristickým uspořádáním zubů
(Zdroj: Tabulka a obrázek a, b letáky LOS VÚLHM)

Vajíčka dosahují velikosti 0,6 – 1 mm. Čerstvě po naklazení jsou čirá, průhledná a lesklá. Během zrání se zabarvují do bílé barvy (Skuhravý, 2002). Bezhohé larvy dosahují velikosti od 2 do 5-7 mm. Jejich tělo je matně průhledné s jasně rozeznatelným trávicím ústrojím s potravou. Na vrcholku hlavy je jasně viditelná hnědá sklerotizovaná kapsle. Před proměnou v kuklu každá larva prochází třemi instary (Zumr, 1995). Na kukle jsou již pozorovatelné známky končetin, křídel a diferencovanou část hlavohruďi a zadečku. Po imaginální ekdysi mají brouci bílou barvu. Během úživného žíru následně dozrávají a žloutnou. Jejich tělo je pokryto trichomy. Detaily jednotlivých stádií jsou zobrazeny na obrázku 2.

Obr 2.: Vývojová stádia lýkožrouta smrkového



Obrázek byl sestaven z Forestryimages.org

3.1.2 Rozšíření lýkožrouta smrkového

Areál výskytu lýkožrouta smrkového je velice rozsáhlý, zaujímá větší část palearktické oblasti, na západě od Pyrenejí jde jižní hranice výskytu severním Řeckem a Tureckem, přes Asii až na východ po Japonsko, na severu zasahuje k hranicím arktické tundry mezi 68° – 69° severní šířky. Na jihu se vyskytuje po sever Kazachstánu, Mongolska a Číny, Vyskytuje se v celé Evropě s výjimkou Velké Británie, viz Obr. 3. (Skuhravý, 2002). V České republice se vyskytuje na celém území.

(Stauffer et al. 1999) dešifroval genetické složení evropské populace l. smrkového za pomoci molekulárních technik. V centrální Evropě bylo nalezeno množství haplotypů, ze kterých se ve Skandinávii nacházel pouze jeden ze zástupců rodu *Ips*. V Rusku a Litvě se vyvinul samostatný druh. Během poslední doby ledové se populace lýkožrouta závislá na smrku ztepilém přesunula do refugií na jih, do Apeninských, Dinárských a Karpatských Alp a sever Moskvy. Následkem postglaciálního oteplování se smrkoví lýkožrouti přesunuli od apeninského poloostrova a Dinárských Alp do původních oblastí, když se smrkové porosty obdobně z východu (Obr. 3). L. smrkový je blízkým příbuzným lýkožrouta menšího (*Ips amitinus* (Eichhoff, 1871), lýkožrouta modřínového (*Ips cembrae* (Heer, 1836) a lýkožrouta vrcholkového (*Ips acuminatus* (Gyllenhal, 1827) a lze zahrnout i lýkožrouta borového – *Ips sexdentatus* (Börner, 1776) (Wermelinger, 2004).



Obr. 3: Areál rozšíření lýkožrouta smrkového
Obrázek upraven z Google Earth

3.1.3 Bionomie lýkožrouta smrkového

3.1.3.1 Životní cyklus

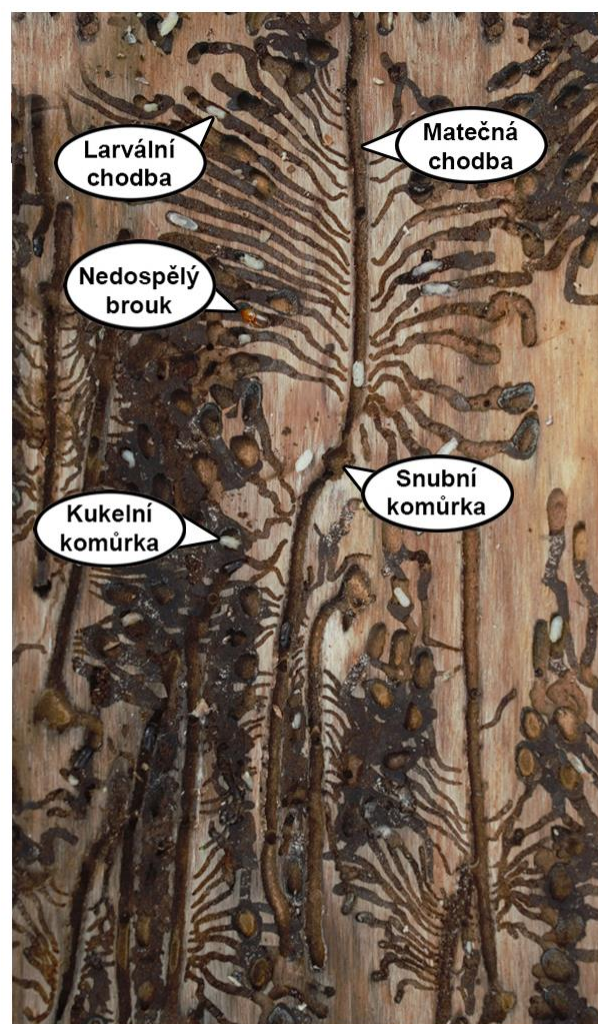
Po zimě začíná dospělec l. smrkového být aktivní již za prvních teplých dnů v rozmezí dubna a května v závislosti na teplotě a výškovém gradientu. V chladnějších, výše situovaných oblastech nastává jeho aktivita později. L. smrkový má v evropských podmínkách jednu až dvě generace do roka. Za velmi příznivých podmínek může mít i třetí pokolení (Zahradník and Knížek, 2007) doprovázeným sesterským rojením. Čtvrtá generace nebyla nikdy prokázána a je často mylně zaměňována právě za sesterské rojení. L. smrkový je schopný napadat stromy od 40 let věku, upřednostňuje zejména smrky okolo 80 let. Vrcholkovou část stromu současně s mladými větvemi neobsazuje z důvodu příliš tenké vrstvy lýka. Samci vylétávají před samicemi jako první (Wermelinger, 2004). První brouci instinktivně vyhledávají oslabené stromy, které by mohli kolonizovat. Jedná se o stromy oslabené:

- 1) abiotickými vlivy – postižené suchem, osluněním, vývraty i zlomy, imisemi.
- 2) biotickými vlivy – poškozené zvěří, napadené houbovými patogeny, hnilobou, nebo ostatním hmyzem.

Lýkožrout má u takto oslabených jedinců výrazně vyšší šanci na překonání obranných mechanismů stromu, jako je například zvyšování tvorby pryskyřičných kanálků a následného ronění pryskyřice. Ve studii z bavorských lesů se zjistilo, že pro úspěšné proniknutí do živých stromů na jaře, je podmínkou stálá teplota nad minimální práh pro rojení po alespoň tři až čtyři dny za sebou (Wermelinger, 2004). L. smrkový vždy napadá pouze živé stromy, které mají zachované na cukry a minerály bohaté lýko, kterým se živí jeho vývojová stádia.

Vyhledávání hostitelského stromu je realizováno samcem, ten vyhledává do kůry závrt a následnou snubní komůrku ukrytou v lýku během 1 – 2 dnů. V této době samec vylučuje agregační feromony, které napomáhají vyhledat a označit dalším samcům napadený a oslabený strom. Agregační feromon současně vábí samice k obsazení snubní komůrky.

Produkce feromonů je inicializována trávením lýka, které brouci požírají při tvorbě snubní komůrky (samec) nebo matečných chodeb (samice). Od okamžiku páření samice následně začíná vylučovat antiagregační feromony signalizující obsazení prostoru (Birgersson and Bergström, 1989). Ve snubní komůrce – v místě kde probíhá páření je obvykle jeden samec na jednu až tři samice. Každá samice začne vyhlodávat od snubní komůrky svojí vlastní matečnou chodbu na jejíž stěny klade 1-2 vajíčka za den. Směrem kolmo na matečné chodby larvy vykusují v lýku larvální chodbičky, které se ve směru žíru rozšiřují úměrně s růstem larvy (celý požerek je znázorněn na obr. 4). Po dokončení žíru je na konci chodbičky vyhlodána dutina pro kuklu (Pfeffer, 1961).



Obr.4: požerek (Obrázek upraven od Modlinger R.)

L. smrkový patří mezi druhy hmyzu s dokonalou proměnou. Každá generace tak prochází třemi stádii: vajíčka přes larvu se samostatnými třemi vývojovými stupni, kuklu, a dospělého jedince (obr. 1), kterému s úživným žírem postupně dozrává chitinový krunýř, který mu bude sloužit jako maskování, ochrana před poškozením a jako vrstva zabraňující vysychání.

3.1.3.2 Vajíčka

Vývoj vajíček trvá od 5 do 14 dnů. Každá samice po spáření začne vyhlodávat matečnou chodbu, na jejichž stěny klade denně 1 – 2 vajíčka z celkového počtu asi 50 vajíček (Lausch et al., 2011). Přesný počet vajíček závisí na délce matečné chodby, množství sesterského rojení a nadmořské výšce. Fyziologická hranice je na hranici možností jedné samice 120 vajíček. Vajíčka jsou kladena ve směru od snubní komůrky. Minimální teplota, ve které může

probíhat vývoj začíná od 8,3°C (Wermelinger and Seifert, 1998). Na produkci vajíček je nutná teplota vyšší než 10,6°C (Wermelinger, Seifert, 1999). Tyto hodnoty jsou vstupními hodnotami pro simulaci modelů dynamiky populace lýkožrouta smrkového.

3.1.3.3 Larvy

Po vylíhnutí z vajíček začínají larvy okamžitě vyhlodávat lýko, čímž vznikají tzv. „larvální chodby“ směřující do pravého úhlu od matečné chodby. Tyto chodby se rozšiřují úměrně s růstem larvy až nakonec vyhlodá dostatečně prostornou komůrku pro kuklu (Modlinger, 2019). Vývoj larev probíhá kontinuálně, rozdílnost ve stáří larev v rámci požerku je dáno časovým odstupem při kladení, to znamená že v jednom požerku se mohou současně vyskytovat jak larvy tak i vajíčka. Celková doba vývoje larvy se odvíjí od vnějších podmínek prostředí. Vývoj larvy může trvat od 12 do 109 dní. Larvální chodby se mohou v lýku i křížit, v případě, kdy tloušťka lýka dovoluje vést chodby ve více úrovních nad sebou (Modlinger, 2015).

3.1.3.4 Kukly

Po zakuklení dosahuje vnější bílá chitinová vrstva velikosti 5-6 mm na délku. Kukla následně zraje dalších 14 dní (Šrůtka, 1999).

3.1.3.5 Žlutý brouk

Z kukel se líhne nedospělý brouk „imágo“, které v tuto dobu nemá dostatečně vyvinutou chitinovou vrstvu chránící před vysycháním. Po dobu tří týdnů pokračuje v úživném žíru a postupem času se jeho vnější schránka bude zbarvovat ze žlutohnědé „tzv. žlutý brouk“ až do dospělé černohnědé podoby. Během tohoto stádia dozrávání je brouk již schopen přeletu na jiné stromy, nedostává-li se mu dostatek vhodné potravy (Šrůtka, 1999). Imágo je již schopno přečkat nepříznivé podmínky přes zimu. Obvykle tak činí v hrabance ve spadané kůře. Zimní mrazy jsou stěžejní pro jejich přežití. Nejvíce jsou ohrožovány náhlými a opakovanými poklesy teplot (Modlinger, 2015).

3.1.3.6 Dospělec

Velikost brouka dosahuje 4,2 – 5,5 mm. Hlava je kryta kulově zaobleným štítem. Mezirýží krovek je převážně hladké, v distální oblasti asymetricky tečkované. Vyhlobení zadní části krovek je na okrajích zdobeno čtyřmi páry zubů, z nichž samec má třetí zub srdcovitého tvaru. Mezi další znaky pohlavního dimorfismu patří více ochlupené čelo a štít samičky (Pfeffer,

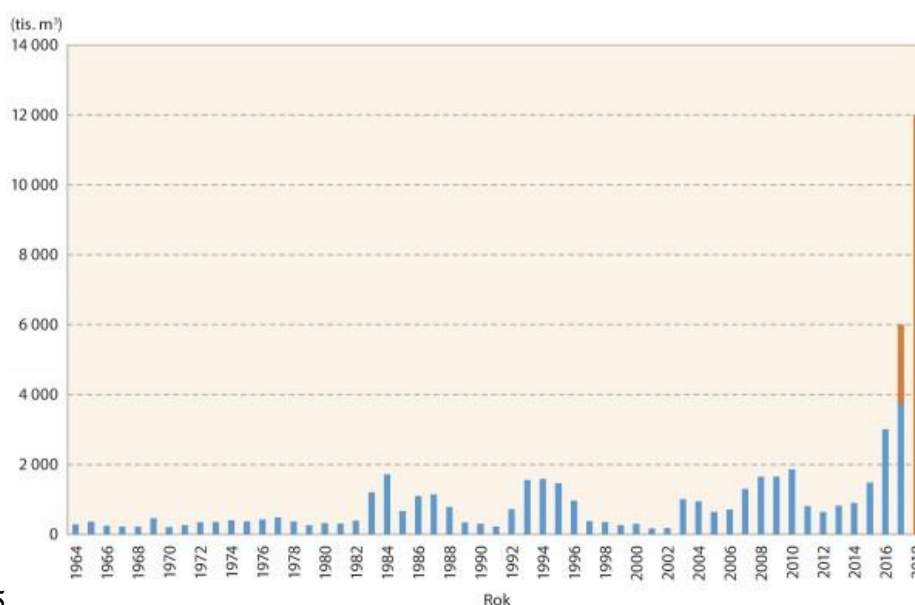
Tyšer, D.: Disperze lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru. *Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 84 s.*

1961). Počet dospělců v populaci nabývá poměru 1:1 mezi samci a samicemi. Během obsazování nových stromů obvykle umírají 2/3 samců, kteří nedokázali překonat ochranné mechanismy stromu. Celkový poměr dospělců na jeden požerek obvykle tvoří 1 samec na 2-3 samice. Čím větší je rozdíl v poměru na pohlaví, tím vitálnější bývá porost vůči 1. smrkovému (Modilnger, 2019). Celý vývoj brouka trvá od 7 do 11 týdnů. Jejich dospělost je završena vyrojením na počátku jara v momentě, kdy teplota vzduchu dosáhne 20°C. Množství generací za týden se také odvíjí v závislosti na okolní teplotě (Lausch et al., 2011).

Lesnický význam

3.1.3.7 Historický význam

Přírozenou oblastí výskytu l. smrkového byl až do 20. století les v horských oblastech. První záznamy deklarující přemnožení podkorního hmyzu máme až z 18. století. (Nožička, 1957). Do roku 1940 se l. smrkový vyskytoval převážně v pohraničí v horských oblastech a z těchto oblastí byly hlášeny také veškeré zprávy o jeho přemnožení. Ve 40. až 50. letech 20. století byly poprvé hlášeny populace v nižších polohách. První deklarovaným přemnožením, za kterého vznikly významné hospodářské škody v nižších polohách se datují k roku 1978. Počátkem tohoto roku se na našem území datuje celkem 5 významných velkých gradací l. smrkového. První kalamita je hlášena z roku 1870. Příčinou byl silný bořivý vítr v jehož důsledku zůstalo v Šumavských horských lesích značné množství vývratů. Poškozeno bylo od 6 – 11 mil. m³ dříví (Pfeffer et al. 1955). Druhá kalamita postihla celé Čechy a Slovensko kvůli zanedbání péče lesů z důvodu nedostatku pracovních sil v lesnictví a suchý rok 1947. Množství kůrovcového dříví bylo odhadnuto na 8 mil. m³ a z tohoto množství bylo v Čechách 2,3 mil. m³. Následovala gradace v roce 1983 trvající 5 let z důvodu velkého sucha ve vegetačním období. Eviduje se 6,7 mil. m³ kůrovcového dříví (Liška et al. 1991). Následná kalamita proběhla v letech 1993-96 z důvodu velkých vlastnických transferů a změnou systému hospodaření. Množství Kůrovcového dříví je viditelné na obr. 5.

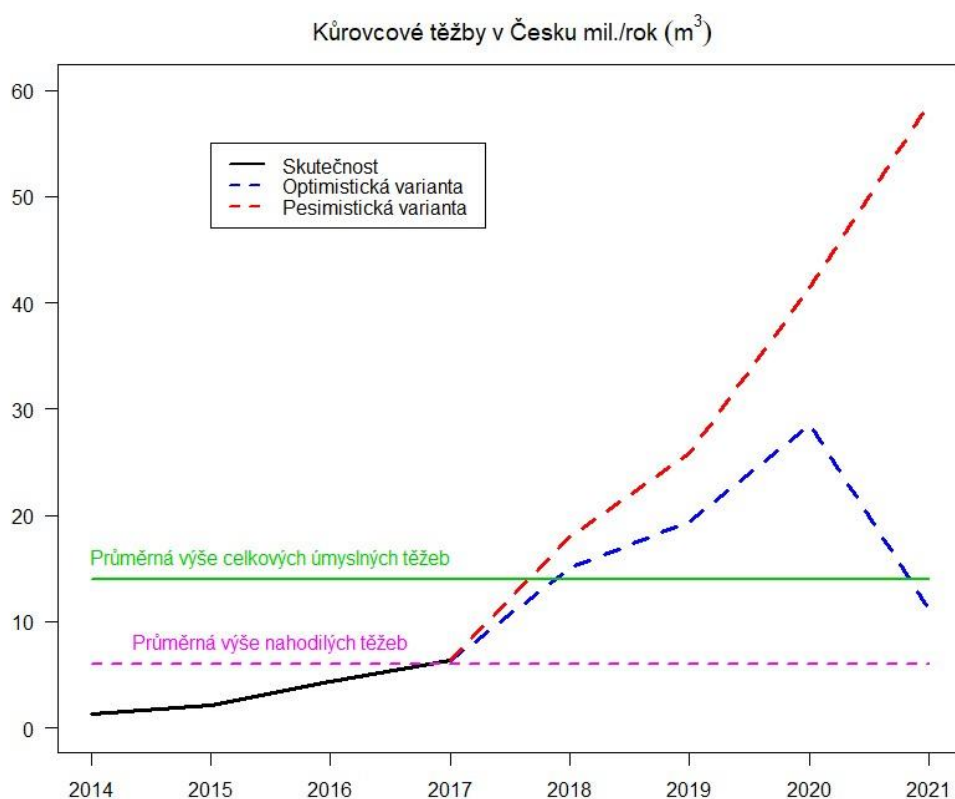


5

Obr. 5: Objem evidovaného kůrovcového smrkového dříví od roku 1964 (agromanual.cz 2019)

3.1.3.8 Aktuální význam

Dnešní kalamitní stav můžeme rozdělit do třech částí. První jednorocní gradace byla vyvolána výjimečným suchem v roce 2003. V letech 2007 pak došlo z důvodu silných nárazových větrů a orkámem Kyrill k četným polomům. Třetí a nejzávažnější kalamita nastala z důvodu extrémního sucha od roku 2015 až dodnes. Zatím co v roce 2017 bylo kůrovcového dříví napadeno 6 mil. m³, v nadcházejícím roce se již hovořilo o 10-15 mil. m³ dříví. Údaje o stavu lesa po roce 2019 nebyly do dnešního dne zveřejněny. Pravděpodobný stav ukazuje obr. 6. Mezi hlavní příčiny soudobé kalamity se počítá dlouhotrvající sucho, nedostatek lesnického personálu, nedodržování obraných opatření, smrkové monokultury často pěstované pod smrkovým vegetačním stupněm.



Obr. 6: Kůrovcové těžby v Česku
Zdroj: fakulta CZUFLD

3.1.3.9 Legislativní význam

Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*) je podle §3, vyhlášky č. 101/1996 Sb., je zařazen zařazen mezi kalamitní škůdce.

Vyhláška 101/1996 Sb. § 4 ve znění „Ochrana lesa před hmyzími škůdci“ se vyjadřuje v části první takto:

Zamezením přemnožení hmyzích škůdců se předchází odstraněním materiálu vhodného pro rozmnožování hmyzích škůdců a depistáží napadených stromů. V případě přemnožení kalamitních škůdců je vlastník lesa povinen provést redukci škůdce a vynaložit veškeré úsilí k zamezení dalšího šíření. Pokud již nastal kalamitní stav, je vlastník povinen provést bezodkladně taková opatření, která povedou k redukci škůdce pod kalamitní stav, k odstranění škod nebo k zamezení dalšího šíření škůdce. Veškeré vzniklé polomy, vývraty a atraktivní dříví vhodné pro rozvoj škůdců vzniklé do 31. března musí být zpracovány nebo asanovány nejpozději do 31. května, v lesních porostech, které alespoň částečně zasahují do polohy nad 600 m nadmořské výšky, do 30. června běžného roku.

ČÁST DRUHÁ

OCHRANA LESA PROTI ŠKODÁM PŮSOBENÝM BIOTICKÝMI ČINITELI

§ 4 Ochrana lesa před hmyzími škůdci

Pro snížení zvýšeného stavu hmyzích škůdců se provádí preventivní opatření jako odstraňování materiálu vhodného pro jejich reprodukci, ošetřování lesních porostů soustavné vyhledávání a zpracovávání veškerého kůrovcem napadeného dříví. Za zvýšeného a kalamitního stavu je navíc vlastník povinen provést bezodkladně veškerá opatření, která povedou k redukci hmyzího škůdce pod kalamitní stav, k odstranění škod nebo k zamezení dalšího šíření škůdce. Současně musí být veškeré polomy vhodné pro rozvoj hmyzích škůdců vzniklé do 31. března zpracovány nebo asanovány nejpozději do 31. května, v lesních porostech, které alespoň částečně zasahují do polohy nad 600 m nadmořské výšky, do 30. června běžného roku.

Hlediska pro určování základního, zvýšeného a kalamitního stavu kalamitních hmyzích škůdců a metody kontroly a ochrany proti škůdcům, jsou obsaženy v § 4 Ochrana lesa před hmyzími škůdci - Příl.2: Základním stavem se rozumí takový početní stav lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru nedosáhl 1 m³ na 5 ha smrkových porostů a nedošlo tak k vytvoření ohnisek výskytu lýkožrouta.

U zvýšeného stavu je definováno množství lýkožroutů, u kterého se objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru dosáhl nebo překročil 1 m³ na 5 ha a nedosáhl 5 m³ na 5 ha smrkových porostů a došlo k vytvoření ohnisek výskytu lýkožrouta. Tento stav upozorňuje na možnost kalamitního přemnožení lýkožrouta.

Kalamitní stav je takový početní stav lýkožroutů, kdy objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru dosáhl nebo překročil 5 m³ na 5 ha smrkových porostů, a který způsobuje rozsáhlá poškození lesních porostů na stěnách nebo vznik ohnisek uvnitř lesních porostů až plošné napadení lesních porostů.

Jako kůrovcové dříví lze označit stromy, vyrobené dříví, odpad a zbytky dřeva po těžbě, které jsou napadeny lýkožrouty a umožňují jim dokončit vývoj až do stadia brouka. Smrkovým porostem se rozumí lesní porost se zastoupením smrku nad 20 % staršího 50 let. Plocha smrkového porostu se stanoví součtem ploch porostních skupin s výše uvedeným minimálním zastoupením smrku v rámci lesního hospodářského celku jednoho vlastníka.

Základní metody kontroly a ochrany

Kontrolu lze provádět jednak vizuálně, nebo za pomoci odchyťových zařízení (feromonových lapačů, lapáků nebo otrávených lapáků - ČSN 48 1000). Cílem kontroly je zjištění velikosti populace l. smrkového a následně zavedení včasných protiopatření za účelem kontroly a stabilizace jeho početního stavu.

Základem ochrany je aktivní vyhledávání lýkožroutem čerstvě napadených stromů ale současně i lýkožroutem ještě neopuštěných - kůrovcových stromů, které se musí následně a před vylétnutím asanovat. Výskyt kůrovcových stromů je v lesních porostech zjišťován celoročně. Za kůrovcové stromy se nepovažují suché stromy lýkožroutem zcela opuštěné, tzv. kůrovcové souše. Pro ochranu je vhodné nasazení feromonových lapačů, lapáků nebo otrávených lapáků (ČSN 48 1000). Množství aplikovaných odchyťových zařízení vychází z kalamitního základu, což je objem včas zpracovaného kůrovcového dříví (v m³) za období od 1. srpna do 31. března následujícího roku.

Včasnou a účinnou asanací se zamezí lýkožroutům v kůrovcovém dříví dokončit svůj vývoj a současně opustit jimi napadené dříví dříve, než budou schopny napadnout další stromy. Asanace může být provedena mechanicky, například odkorňovacím adaptérem na motorovou pilu nebo chemicky s využitím insekticidů. Za včasnou a účinnou asanaci se nepovažuje pouhý odvoz kůrovcového dříví.

Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*)

V základním stavu se kontrola tohoto lýkožrouta provádí prostřednictvím odchyťových zařízení, které se umisťují v jarním a letním období, a to minimálně 1 kus na každých 20 ha smrkových porostů. Současně se celoročně sleduje výskyt kůrovcových stromů a zabezpečuje se jejich včasná a účinná asanace.

Při zvýšeném stavu se ochrana proti tomuto lýkožroutu ve smrkových porostech provádí pomocí odchyťových zařízení. Počet odchyťových zařízení k ochraně pro zachycení jarního (prvního) rojení lýkožrouta se stanoví podle kalamitního základu a rovná se početně ekvivalentu 1/10 objemu včas zpracovaného kůrovcového dříví. K takto určenému počtu se přidá jedno odchyťové zařízení na každý započatý 1 m³ kůrovcového dříví, které je lýkožroutem nově částečně nebo zcela opuštěno. Současně se provádí aktivní vyhledávání kůrovcových stromů a zabezpečuje jejich včasná a účinná asanace.

Při kalamitním stavu je primárním cílem zajistit aktivní vyhledávání kůrovcových stromů, jejich včasnou a účinnou asanaci v porostu nebo jejich navazující odvoz ke zpracování, přičemž včasná a účinná asanace proběhne u zpracovatele, případně na náhradních skládkách mimo les. Těžbu kůrovcových souší lze odložit.

Při kalamitním stavu se k ochraně využívá odchyťových zařízení minimálně v množství, které odpovídá množství odchyťových zařízení pro horní hranici zvýšeného stavu. Podle místních podmínek a s ohledem na zajištění primárního cíle lze počty odchyťových zařízení snížit až na úroveň minimálně požadovanou v základním stavu pro zajištění kontroly - využití tohoto postupu lze uplatnit v případě, kdy objem kůrovcového dříví z předchozího roku v průměru překročil 50 m³ na 5 ha smrkových porostů.

Počet odchyťových zařízení pro ochranu se při zvýšeném nebo kalamitním stavu stanoví pro každé ohnisko žíru zvlášť; v případě ojedinělého výskytu pouze jednotlivých kůrovcových stromů je možné jako ohnisko žíru brát všechny kůrovcové stromy na ploše 1 ha.

3.2 Vítr

Za vítr se považuje vektor pohybu konkrétní vzduchové částice v určitém místě a v daném čase. Vítr, jakožto významný abiotický činitel životního prostředí se velkou mírou uplatňuje v lesních ekosystémech. Působí mechanické namáhání větví i kmene, způsobuje erozi půdy, destruktivními efekty zpomaluje růst, je mediátorem znečištění ovzduší, rovněž je činitelem ovlivňujícím šíření hmyzu a patogenů, a v neposlední řadě zapříčiňuje šíření lesních požárů. Vítr působí na ekosystémy i příznivě. Účinek větru, ať už kladný či záporný se přímo odvíjí od vlastní rychlosti, síly a intenzity (Konopka, 2008). V případě poškození podélné osy kmene stromu nazýváme tyto škody obecně jako polomy, s rozlišením na zlomy a vývraty. Zlom nastává v okamžiku, kdy je u určité dřeviny napětí v tahu a tlaku vyšší než pevnost dřeva. Vítr začíná poškozovat lesní porosty při rychlosti $15,3 \text{ m/s}^{-1}$ ve výšce 6 m nad povrchem země. Nad 10 m/s vznikají škody v rychlostech vyšších jak $17,2 \text{ m/s}^{-1}$. Významné škody, za kterých vznikají polomy, nastávají při síle rychlosti větru 9. stupně (Konopka, 2008). Významný nárůst četnosti i intenzity ničivých větrů je podle Střelcová et al 2007, způsobován i klimatickými změnami.

Pro odhadování síly větru byla počátkem 19. století vymyšlena Beaufortova stupnice, která na škále 0 – 12 dává síle větru slovní označení: 0) bezvětří s maximální rychlostí – $0,2 \text{ m/s}$, 1) vánek – $1,5 \text{ m/s}$, 2) větřík $3,3 \text{ m/s}$, 3) slabý vítr $5,4 \text{ m/s}$, 4) mírný vítr $7,9 \text{ m/s}$, 5) čerstvý vítr $10,7 \text{ m/s}$, 6) silný vítr $13,7 \text{ m/s}$, 7) mírný víchř $17,1 \text{ m/s}$, 8) čerstvý víchř $20,7 \text{ m/s}$, 9) silný víchř $24,4 \text{ m/s}$, 10) plný víchř $28,4 \text{ m/s}$, 11) víchřice $32,6 \text{ m/s}$ a 12) orkán od $32,7 \text{ m/s}$.

Měření směru a rychlosti větru se provádí ve výšce 10 m nad povrchem. V případě měření ve výšce vyšších než 10 m používáme stožárová měření nebo sondážní či sonarová měření.

U měření rozeznáváme dva hlavní druhy rychlostí – Rozložení termínových rychlostí větru a rozložení maximálních denních nárazů větru (Konopka, 2008).

3.3 Rozložení termínových rychlostí větru

Tento tip měření zaznamenává a vyhodnocuje rychlost větru za dobu 14 hodin. Vzhledem k faktu, že největší teplotní výměny mezi přízemní vrstvou a horní troposférou probíhají v denních hodinách, konkrétně od 7 do 21 hodin. Výsledkem je desetiminutová průměrná rychlost během sledovaných hodin pozorování (Wheeler, 2007).

3.4 Rozložení maximálních denních nárazů větru

V tomto případě se hodnotí naměřená rychlost z celého dne, tedy za 24 hodin. Hodnotí se však pouze maximální, momentální naměřená rychlost z celého dne. Tento typ měření se zaměřuje na zaznamenávání konkrétních meteorologických dějů. Zejména na vrcholcích hor, a údolích horských sedlech může dojít k posílení rychlosti proudění vzduchu efektem nazývaným jako dýzové proudění. Naopak s rostoucí drsností povrchu jeho rychlost zákonitě klesá (Konopka, 2008).

3.5 Beaufortova stupnice síly větru

Beaufortova stupnice je vyobrazena v tab. 2 (Konopka et al. 2008)

Tab. 2: – Beaufortova stupnice

Stupeň	Popis slovně		Popis hladiny moře	Rychlost větru		Výška vln (maximální) [m]
	česky	anglicky		m/s	uzly	
0	bezvětří	Calm	moře je zrcadlově hladké	0-0.2	1	nejsou
1	vánek	Light air	malé šupinovitě zčeřené vlny bez pěnových vrcholků	0.3-1.5	1-3	0.1 (0.1)
2	slabý vítr	Light breeze	malé vlny, ještě krátké, ale výraznější, se sklovitými hřebeny, které se nelámou	1.6-3.3	4-6	0.2 (0.3)
3	mírný vítr	Gentle breeze	hřebeny vln se začínají lámat, pěna převážně skelná, ojedinělý výskyt malých pěnových vrcholků	3.4-5.4	7-10	0.6 (1.0)
4	dostí čerstvý vítr	Moderate breeze	vlny ještě malé, ale prodlužují se, hojný výskyt pěnových vrcholků	5.5-7.9	11-15	1.0 (1.5)
5	čerstvý vítr	Fresh breeze	dostí velké a výrazně prodloužené vlny, všude bílé pěnové vrcholy, ojedinělý výskyt vodní tříště	8.0-10.7	16-21	2.0 (2.5)
6	silný vítr	Strong breeze	velké vlny, hřebeny se lámou a zanechávají větší plochy bílé pěny, trochu vodní tříště	10.8-13.8	22-27	3.0 (4.0)
7	prudký vítr	Near gale	moře se bouří, bílá pěna vzniklá lámáním hřebenů vytváří pruhy po větru	13.9-17.1	28-33	4.0 (5.5)
8	bouřlivý vítr	Gale	dostí vysoké vlnové hory s hřebeny výrazné délky od jejich okrajů se začíná odtrhávat vodní tříšť, pásy pěny po větru	17.2-20.7	34-40	5.5 (7.5)
9	vichřice	Strong gale	vysoké vlnové hory, husté pásy pěny po větru, moře se začíná valit, vodní tříšť snižuje viditelnost	20.8-24.4	41-47	7.0 (10.0)
10	silná vichřice	Storm	velmi vysoké vlnové hory s překlápějícími a lámajícími se hřebeny, moře bílé od pěny, těžké nárazovité valení moře,	24.5-28.4	48-55	9.0 (12.5)
11	mohutná vichřice	Violent storm	mimořádně vysoké pěnové hory, viditelnost znehodnocena vodní tříští	28.5-32.6	56-63	11.5 (16.0)
12	orkán	Hurricane	vzduch plný pěny a vodní tříště, moře zcela bílé, viditelnost velmi snižena, není výhled	> 32.6	> 63.0	> 14

Zdroj (<http://palba.cz>)

3.6 Chování

Vysoké zastoupení populace může vést ke změně chování. Zvýšená hustota má za následek zkrácení matečné chodby v důsledku silného zamoření stromu. Optimální množství činí okolo 500 matečných chodeb na m².

Úmrtnost brouků se odvíjí od abiotických faktorů. Úhyn 50% l. smrkového byl způsoben poklesem teploty, která klesla k -10°C (Wermelinger, 2004).

3.6.1 Létání

Let brouků probíhá přibližně od 9 hodin ráno do 9 hodin večer. Nejfrekventovanější let nastává za brzkého odpoledne. Tento jev je však přímo závislý na teplotě vzduchu, jejíž minimální teplota pro vzlet je 16,5°C a nejpříznivější teplota je v rozmezí 22°C - 26°C (Wermelinger, 2004). Maximální teplota, při níž l. smrkový létá, byla 30°C (Lobinger, 1994). Rojení se přímo odvíjí od slunce. Dokonce za krátkého rozbřezku dává velké množství brouků přednost letu za slunečního svitu než periodám bez oslunění (Lobinger, Skatulla, 1996).

3.6.2 Volatilní látky ovlivňující chování lýkožrouta smrkového

Samec při tvorbě snubní komůrky pečlivě vytlačuje produkty látkové výměny, které vznikají z natráveného lýka směrem ven z vyhlodané dutinky. Vznikají tak typicky charakteristické rezavé drtinky indikující napadení stromu. Vytváří tak současně dostatečně veliké místo pro následné páření se samicemi, odstraňuje potencionálně nebezpečné patogeny a metabolickou přeměnou aktivuje produkci feromonů, kterými láká samice k usazení (Pfeffer, 1955). Hlavními látkami samčího feromonu je methylbutenol (C₅H₁₀O) a cis-verbenol (C₁₀H₁₆O), jehož účinek se odvíjí od stromem produkovaným α -pinenem. Poté, co se samice uhnízdí, začínají se s tvorbou matečných chodeb pářit, klást vajíčka a vytlačovat přebytečné zbytky lýka a drtinky se samičími feromony ze své matečné chodby do snubní komůrky. Samec následně samičí drtinky přesouvá mimo požerek ven ze stromu a současně tak rozptyluje feromony do okolního prostředí. Samičí feromony se skládají převážně z ipsdienolu (C₁₀H₁₆O) a ipsenolu (C₁₀H₁₈O) (Modlinger et al, 2015). Tyto látky negují účinek samičích feromonů a současně mají antiagregační účinek.

3.7 Symptomy napadení lýkožroutem smrkovým

L. smrkový napadá zejména přednostně vizuálně zdravé stromy. (Jakuš et al.,2015) dále rozlišuje napadení dle specifických a nespecifických příznaků. Projevy odumírání smrku se liší v závislosti na několika faktorech. Významnou roli hraje rozsah zamoření stromu l. smrkovým, vyspělost vývojových stádií, celková vitalita stromu a abiotické faktory, zejména množství srážek, síla větru nebo teplota okolního prostředí atd.. Na základě těchto faktorů nelze s přesností stanovit, jak dlouho potrvají jednotlivé fáze napadení v návaznosti s propuknutím dalších symptomů.

3.7.1 Závrtové otvory

Prvním příznakem napadení stromu l. smrkovým jsou závrtové otvory. Jejich průměr je přímo úměrný velikosti samce, který provedl závrt. Při ranném napadení je možné závrtvy pozorovat již od výčetní tloušťky stromu a výše. Vyšší četnost závrtových otvorů lze dobře pozorovat v místě nasednutí koruny nebo přímo v koruně stromu. Brouci, kteří napadají dolní část kmene jsou první generace v roce, která obsazuje nové stromy, a kteří současně přečkali zimu v hrabance. Jejich následná generace nebo dospělci, kteří přečkali zimu již pod kůrou mají obvykle lepší dispozice obsadit i výše situované části stromu až do míst, kde je ještě dostatečně silná vrstva lýka. Hledání závrtových otvorů je velmi obtížně zjištělným diagnostickým znakem. Je to současně časově nejnáročnější způsob identifikace napadení, jelikož je nutno prohlížet každý kmen z bezprostřední blízkosti. Z tohoto důvodu má smysl takto kontrolovat pouze stromy potenciálně náchylné k napadení. Jsou to zejména stromy osluněné, stromy blízko kůrovcové souše nebo jinak poškození či oslabení jedinci (Jakuš et al., 2015).

3.7.2 Drtinky

Drtinky jakožto rezavé produkty metabolismu jsou specifickým znakem napadení stromu. Jsou dobře viditelné pod závrtovými otvory nebo spadané na bázi kmene. Drtinky jsou mnohem snadněji identifikovatelným znakem než samotné závrtové otvory, ale za deštivého počasí nelze spoléhat na jejich přítomnost (Jakuš et al., 2015).

3.7.3 Změny stromové koruny

Prvním znakem korun napadených I. smrkovým bývá vadnutí, následná defoliace či blednutí jehlic zapříčiněné poškozením funkce vodivých pletiv (obr. 7). Strom v takto pokročilé fázi zamoření není schopen v dostatečném množství zásobovat vrcholkovou část vodou nezbytnou k fotosyntéze a zpomaluje se tok živin. Takovéto poškození je neslučitelné se životem stromů, který pozvolna usychá a je žádoucí strom v nejbližší době zmýtit a provést asanaci z důvodu výskytu dostatečně vyvinutých brouků, kteří jsou schopni z odkorněného dřeva již přeletět na jiný strom.

Jedná se o nespecifické projevy napadení, které jsou snadno zaměnitelné s poškozením mrazem, suchem, výživovými problémy, sypavkami, napadnutí defoliátory a podobně. Ve spojitosti s potencionálním napadením I. smrkového je tedy žádoucí kontinuálně kontrolovat zdravotní stav porostů.



Obr.7: napadený strom
(Zdroj: Modlinger et al.)

3.7.4 Opadávání kůry z kmene

Opadávání kůry je způsobeno vážným porušením lýka. Rychlost opadávání je ovlivněna počasím. Z takto poškozených míst již vylétla nová generace brouků a jde o včas neasanovaný strom (Jakuš et al, 2015).

3.8 Preventivně ochranná opatření

Klíčem k potlačení, popřípadě zpomalení šíření 1. smrkového, je včasná lokalizace napadených stromů. Nalezený strom je nutno skácet, ošetřit a zpracovat ještě před dokončením prvního cyklu nové generace s cílem zabránění vyrojení (Modlinger, 2019). Čím dřívější identifikace stromu od počátku prvních symptomů nastane, tím výrazně klesnou šance na opuštění stromu a současně poskytneme těžbařům více času napadený strom zpracovat. V roce 2017 bylo instalováno 76 tisíc lapačů a stromových lapáků bylo připraveno 660 tisíc m³ (zelená zpráva 2017).

3.8.1 Monitoring

Dle populační hustoty rozlišujeme tři stupně napadení lišící se podle způsobu monitoringu. Rozlišujeme:

- Slabý stupeň = objem kůrovcem napadeného dříví z předchozího roku nedosáhl 1m³ na 5 ha smrkových porostů bez vzniku ohnisek
- Střední stupeň = objem kůrovcem napadeného dříví z předchozího roku překročil 1m³ na 5 ha smrkových porostů za vzniku ohnisek
- Kalamitní stupeň = způsobující rozsáhlá poškození.

Jednotlivé stupně napadení je možné určit dle množství odchycených 1. smrkových nebo podle počtu závrťů, viz tab. 3 a 4.

Tab. 3 Lapač:

<i>Slabý stupeň</i>	<i>Střední stupeň</i>	<i>Silný stupeň</i>
< 1 000 brouků	1 000 – 4 000 brouků	> 4 000 brouků

Tab. 4 Lapák:

<i>Slabý stupeň</i>	<i>Střední stupeň</i>	<i>Silný stupeň</i>
< 0,5 závrťů/dm ²	0,5 až 1 závrť/dm ²	> 1 závrť/dm ²

Tab 3,4: převzato od Modlinger et all 2019

Míra růstu populace závisí na metodě, ve které se měří. Získání nezaujatých odhadů hustoty populace v relevantních metodách je nejdůležitější pro zjištění dynamiky růstu populace. Tato informace je nezbytná pro zjištění, jakými metodami fungují procesy rozptylu, výběru stanoviště, predace a závislosti hustoty a jak probíhá interakce mezi vnějším prostředím jako je například podnebí. Ve většině případů se odhady populace dělají z feromonových pastí, kde atraktanty závisí od různých krajinných faktorů. Tato data jsou základem pro stanovení velikosti populace. Vzdálenost působení atraktantů definujeme jako maximální vzdálenost, ve které může být ovlivněn směr letu hmyzu ke zdroji (Schlyter, 1992), vytváří pravděpodobnostní chování, jejíž přesnost se odvíjí v reakci na poměr množství účinné látky, míru emise atraktantu, difuzi atraktantu způsobenou větrem a topografií včetně stavu samotného hmyzu (Wermelinger, 2004).

Podle způsobu měření se odvíjí měření a hodnoty rozptylu, výběru stanoviště, predace a závislosti hustoty ovlivněné dle vnějších veličin, jako jsou podnebí.

3.9 Přehled ochranných opatření

Způsob a možnosti provedení ochrany lesa před l. smrkovým je ustanoveno v § 32 zákona č. 289/1995 Sb., O lesích a o doplnění některých zákonů v platném znění. Dále v navazující vyhlášce ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb., ve znění její novely č. 236/2000 Sb., a v České technické Normě ČSN 48 1000 – Ochrana lesa proti kůrovcům na smrku z roku 2005 (Modlinger, 2015)

3.9.1 Kontrola

Množství evidovaného kůrovcem napadeného dříví za loňské období nám udává způsob stanovení kontroly a počet kontrolních opatření v roce nadcházejícím. Legislativa následně stanovuje tři stupně dle velikosti populace L. smrkového.

Základní stav udává množství zpracovaného kůrovcového dříví z předchozího roku do 1m³ na 5 ha smrkových porostů. Nedochozí zde k vytvoření ohnisek, přičemž kontrola je stanovena za pomoci lapáků a lapačů.

Zvýšený stav představuje 1m³ kůrovcového dříví na 5 ha smrkových porostů. Došlo zde již k vytvoření ohnisek.

Kalamitní stav udává počet lýkožroutů, při kterém vznikají rozsáhlá poškození lesních porostů.

3.9.2 Těžba napadených stromů

V letech bez kůrovcové kalamity se celkové těžby pohybovaly okolo osmi mil m³. Během roku 2019 se těžba napadených stromů navýšila o 62% oproti roku 2018 (Tab. 5). Mimo kůrovcového dříví přibylo za loňský rok vlivem větru 2,42 mil m³ vytěženého dříví. Nahodilé těžby zapříčiněné suchem pak představovaly 1,2 mil m³ (ČTK 2020).

Tab. 5: Těžba Lesů České republiky

Rok	Těžba celkem (mil m³)	Těžba kůrovcového dřeva(mil m³)
2017	8,053	2,997
2018	10,652	5,984
2019	13,893	9,705

Zdroj: Lesy ČR

3.9.3 Stromové lapáky

Jako lapák se označuje pokácený zdravý a následně odvětvený smrk o výčetní tloušťce od dvaceti centimetrů. Pro větší úspěšnost obsazení lýkožroutem se kmen zakrývá po celé jeho délce větvemi, aby se zpomalilo jeho sesychání. Lapáky jsou nejefektivnější při prvním rojení na jaře. V nadcházejících rojeních ztrácejí účinnost z důvodu přerojení, které již probíhá zejména ve vyšších částech stromů. Pro včasné a efektivní nasazení je nutno provést přípravu již v únoru. Rozeznáváme lapáky I. třídy – umísťují se na okraje porostů, kde jedna třetina spadá do polostínu a zbylá část na osvětlené stanoviště. Lapáky II. třídy – jejich záměrem je cílit na zachycení lýkožroutů nadcházející generace. Umísťují se na neosvětlená stanoviště. U obou forem lapáků je velmi důležitá jejich kontrola a včasné zpracování (Kurovcoveinfo.cz).

3.9.4 Feromonové lapače

Jedná se o umělou, nárazovou lapací past, která pomocí feromonového atraktantu vábí dospělé kůrovce daného druhu. Výhodou je jejich lehká přenosnost, kontrola a opakovatelné použití. Jejich umístění však musí podléhat těmito zásadám: Vzdálenost od nejbližšího stojícího smrkového stromu je minimálně od 10 m. Maximální vzdálenost není stanovena, pro optimální účinnost pasti se nedoporučuje vzdálenost více jak 25 m. Během celého období odchytu nesmí být past zakryta vegetací. Účinná výška umístění lapače je doporučena okolo 1,5 m. Lapače umísťujeme ve vzdálenosti okolo 20ti metrů. Jejich účinnost značně klesá při vzdálenostech pod 10 m. Množství lapačů se stanovuje v závislosti letního nebo jarního rojení. Kontrola by se měla provádět pravidelně každých 7 – 10 dní v závislosti na výši odchytu (Kurovcoveinfo.cz).

3.9.5 Otrávené lapáky

Jedná se o minimálně trojici polen o délce 1 – 1,5 m spojené v horní části, popřípadě čerstvě skácený smrk, který je z části nebo celý odvětven. Za lapák můžeme také považovat umělou trojnožkovou konstrukcí se sítí Trinet P. V obou případech jsou kmeny ošetřeny schváleným insekticidem. V případě konstrukce je insekticidem napuštěna síť. Jako atraktant je upevněn feromonový odparník, zavěšený pod vztyčený vrchol trojnožky. V případě celého kmene je pro efektivní účinnost vhodné umístit více feromonových atraktantů. Otrávené lapáky umísťujeme dále než 6 m od nejbližšího stojícího stromu. Monitoring odchytu je možné provádět pomocí sběrné plachty s rámem umístěné pod lapáky. Lapáky jsou velmi účinnou metodou v kombinaci s opětovným ošetřením insekticidy dle pokynů výrobce. Jeho nevýhoda tkví ve značné mortalitě ostatních druhů hmyzu, pavouků nebo motýlů, pro které jsou lapáky značně atraktivní. Z tohoto důvodu je vhodné rozmísťovat lapáky v nejzasazenějších částech lesa a kůrovcových ohniscích (Kurovcoveinfo.cz).

3.9.6 Stojící navnazené stromy

Smyslem tohoto opatření je zatraktivnění určitých stojících stromů. Docílí se tak narušení vodivých spojů a oslabení stromu, zatraktivnění pomocí feromonových odparníků, které se vyvěsí na 3 – 5 stojících stromů. Tyto stromy se 2 – 3 týdny po náletu pokácejí a asanují. V případě, že byly napadeny pouze stojící lapáky, byl postup úspěšný. Pokud bylo zjištěno zamoření i okolních stromů, musí se postup opakovat (kurovcoveinfo.cz 2016).

3.9.7 Asanace

Provádí se mechanicky nebo chemickou cestou.

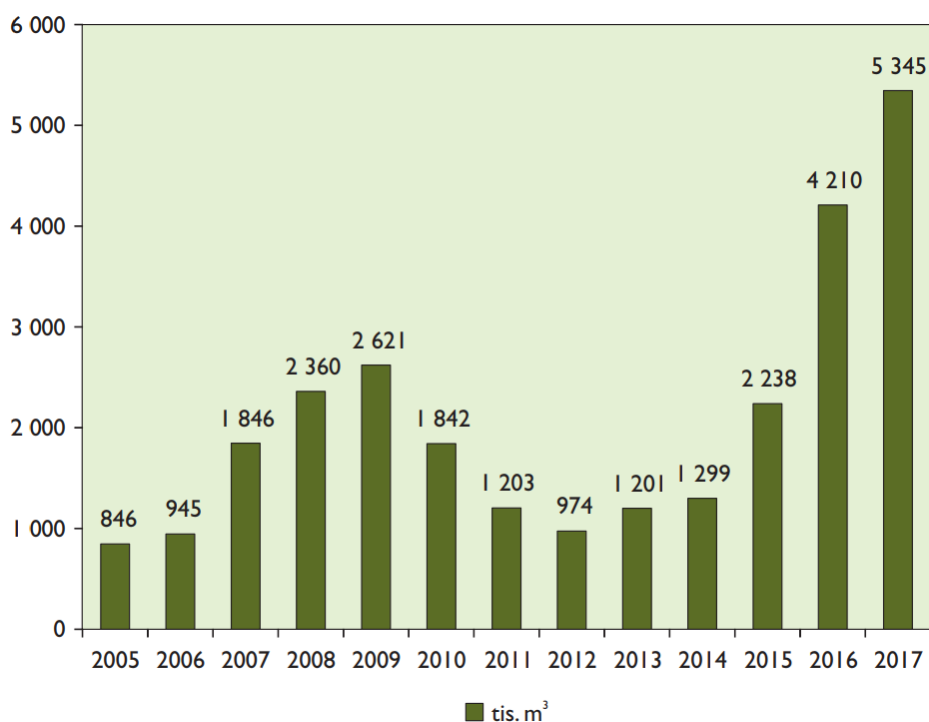
Mechanická cesta se provádí odkorňovači ve specializovaných skladech nebo na místě padlého stromu pomocí adaptérů motorové pily či škrabáků. Tato metoda je velmi efektivní až do stádia larvy, která po tomto zákroku uhyne na vysušení. Odkorňování naopak nemá smysl provádět u vyvinutých brouků, kteří prodělávají úživný žír. Nejsou stále schopni přežít delší dobu v okolním prostředí, ale jsou již dostatečně vyvinutí a schopní náletu na další stromy. Vhodnou metodou je i pálení kůry, které je povolené provádět pouze za nízkých teplot.

Chemickou asanací lze vykonávat v jakémkoli stádiu vývoje lýkožroutů. Příčinou uhytní brouka je konzumace takto ošetřené kůry insekticidem. Postřik je efektivní po dobu osmi týdnů. Musí se ale provádět vždy na suchou kůru a takto ošetřený kmen by neměl přijít do kontaktu s vodou minimálně dvě hodiny. Je to velmi účinná metoda, která zabraňuje přerojení samic při sesterském rojení (kurovcoveinfo.cz 2016).

3.10 Škody způsobené I. smrkovým

Základní stav napadení I. smrkovým činí 0,2 m³/ha podle vyhlášky Ministerstva zemědělství č. 101/1996 Sb. v aktuálním znění.

V roce 2017 představoval počet objemu kůrovcového dříví na jeden hektar smrkových porostů 4 m³/ha. Takové množství odpovídá dvacetinásobnému překročení normálních hodnot. Tato hodnota je současně historicky nejvyšší naměřená hodnota zaznamenaná od počátku měření na našem území (viz obr. 8).

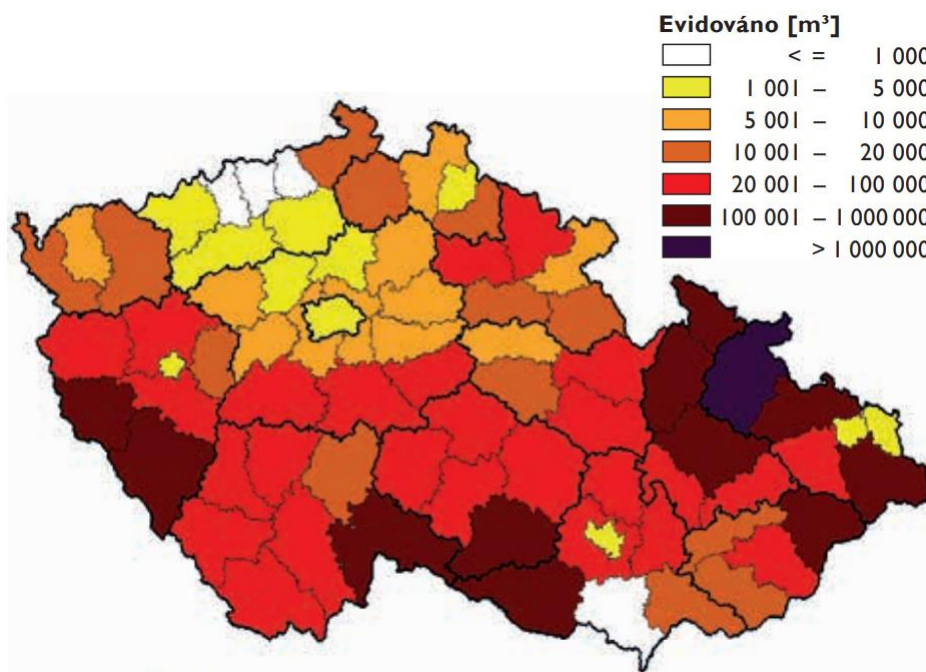


Obr. 8: Evidované kůrovcové dříví ve smrkových porostech v letech 2005–2017 (v tis. m³) (Zelená zpráva 2017)

Pokud jsou kůrovcem obsazené stromy včas nalezeny a vytěženy, má kůrovcové dříví po opracování shodnou kvalitu jako u zdravých stromů obdobné jakosti. V současnosti nastává problém kvůli množství v jakém jsou lesy těženy. Trh je smrkovým dřívím přesycen a jeho cena je tlačena na minimum.

Kůrovcové dříví může být zbarveno ambroziivými houbami, pokrývající stěny chodeb, které jsou přenášeny lýkožrouty. Jejich namnožení může způsobovat modráni a snižovat tak cenu kulatiny (Modlinger, 2019).

Nejvíce postiženými oblastmi jsou Moravskoslezský kraj, ve kterém bylo zaznamenáno 2 083 tis. m³ a Olomoucký kraj s 915 tis. m³ kůrovcového dříví. Následují kraje Jihočeský (503 tis. m³), Plzeňský (408 tis. m³), Vysočina (383 tis. m³), Zlínský (336 tis. m³) a Jihomoravský (327 tis. m³) (obr. 9).



Pramen: VÚLHM

Obr. 9: Evidované kůrovcové dříví ve smrkových porostech (v tis. m³)
(Zdroj: Zelená zpráva 2017)

4 Metodika

4.1 Přírodní podmínky

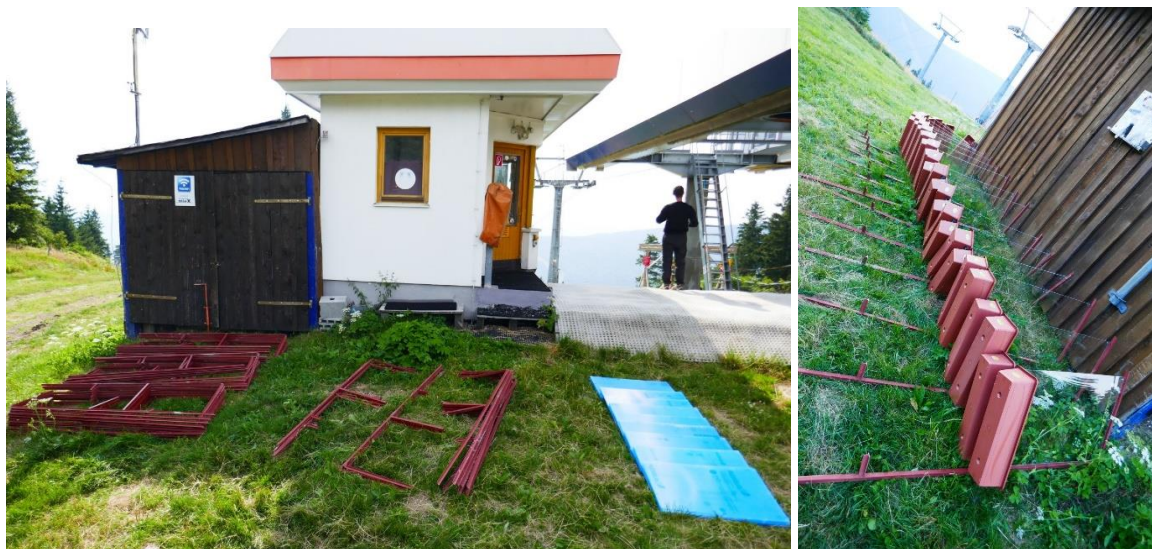
Pokus probíhal na Šumavské hoře Smrčina, známé také pod názvem Hochficht s výškou 1338 m.n.m. na území obce Klaffer v Horních Rakousích, v lokalitě Trojmezí, v okolí hranic České republiky a Rakouska. Smrčina je dominující pro svou vrcholovou plošinu v nadmořské výšce 850-1332 metrů. na území Zvonková a spadá do 1. zóny Národního parku Šumava. Je významná nejzachovalejšími přirozenými smrkovými porosty z celé Šumavy. Zdejší tip lesa je označován jako květnaté bučiny a zdejší rostlinné společenstvo patří mezi nejrozmanitější na našem území. Masiv je součástí hraničního Plešského hřbetu, leží na jeho jihovýchodním okraji. Podnebí Šumavy je podobné oceánským a vnitrozemským klimatům. Průměrné teploty se pohybují mezi 3 °C - 6 °C. Jsou ovlivněny v závislosti na nadmořské výšce mezi 600 m.n.m. a 1378 m.n.m. (Dudák, 2003).

Národní park Šumava

Národní park vznikl v roce 1991 z části území původní Chráněné krajinné oblasti Šumava. Hlavním účelem založení parku bylo unikátní zastoupení rašelinišť, smrkových i bukových pralesů, horských luk, nespoutaných řek a ledovcových jezer. NP Šumava dominuje jedním z největších souvislých komplexů lesa ve střední Evropě. Domov zde mají desítky ohrožených druhů rostlin a živočichů, jako jsou rys, los či tetřev hlušec. Některé druhy hmyzu se nevyskytují nikde jinde na světě než právě na Šumavě (Dudák, 2003).

4.2 Konstrukce nárazníkové pasti

K sledování disperze lýkožrouta smrkového byly použity pasivní nárazové pasti z čirého plexiskla o velikosti záchytné desky 80 x 50 cm, umožňující odchyt z obou stran záchytné desky. Past se skládá z jednodílné kovové konstrukce s kotevní, nosnou a opěrnou částí (obr. 10). Rámová konstrukce byla převzata z feromonových lapačů. Na nosnou část nasedává dvojice květníků sloužící pro zachycení hmyzu a současně s funkcí vodního rezervoáru pro konzervační tekutinu, kterou byl v tomto případě solný roztok. Koncentrace soli se během sledovaného období lišila dle rychlosti výparu vody nebo množství srážek v dané oblasti. Při pravidelné kontrole každých 14 dní byl každý květník naplněn cca 2l vody a 0,25 kg soli. Každý květník má ve druhé třetině své výšky vyvrtán otvor bránící přeplnění z nahromaděné dešťové vody. Odtokové otvory byly zaopatřeny drobnými sítí, které zabraňují vyplavení vzorků mimo sběrný prostor. Květináče byly spojeny po párech kovovou tyčí, která umožňovala připojení páru květníků na nosnou konstrukci a současně místo pro uchycení plexiskla (obr. 11).



Obr. 10: Sestavení nárazových pasti na vrcholu Smrčiny **obr. 11** Sestavené nárazníkové pasti
Obr. 10, 11: Modlinger 2018

4.3 Rozmístění pastí

Celkem 76 bariérových pastí bylo rozmístěno v pravidelné síti podle předem připraveného schématu (obr. 12). Podél státní hranice bylo za účelem sledování disperze I. smrkového z českého vnitrozemí rozmístěno 24 pastí. Podél státní hranice bylo instalováno 30 pastí a monitoring na rakouské vnitřní straně byla sledována 22 pastmi. Na každé lokalitě byly umístěny pasti v párech, z čehož každá byla situována do protilehlých světových stran pro detailní zjištění směru migrace (orientace S, J, V, Z). Vyhodnocen byl následně počet odchycených dospělců lýkožrouta smrkového v závislosti na směru a rychlosti větru.



Obr. 12: Rozmístění nárazových pastí (vlastní foto)

4.4 Měření směru větru

Ve sledovaném prostoru probíhalo měření směru větru, rychlosti větru a teploty.

Senzory pro měření směru a rychlosti větru (obr. 13) byly vhodně rozmístěny do dvou meteorologických věží do dvou metrů nad zemí, aby co nejlépe monitorovaly zájmové území, ve kterém byly umístěny nárazové pasti. Anemometry byly současně vybaveny i teplotně-vlhkostním čidlem. Umístění bylo zvoleno na horské louce poblíž státní hranice ve výšce 2 m v roce 2018. Konečným výstupem je prostorový záznam na podkladové vrstvy v programu ArcGis



Obr. 13 Senzory pro měření směru a rychlosti větru
(Modlinger R. 2019)

4.5 Materiál a metodika

Orientační šetření probíhalo na cílených lokalitách od roku 2018. Během této doby jsme mapovali průběh napadení l. smrkovým. V tomto roce byly obsazeny pouze polomy v nejvíce osluněných částech. U turistické cesty na pomezí Smrčiny a Pod Smrčinou byla zvýšená aktivita brouků zapříčiněna v důsledku kácení stromů pro zprůchodnění cest. To mělo za následek současné zamoření nejbližších stromů.

Pro zjištění faktorů, které měly vliv na disperzi lýkožrouta smrkového v zájmové oblasti Smrčiny byly využity odchvyty do nárazových pastí a údaje z meteorologických stanic v období 24. 5. – 12. 9. 2019. Detailní popis konstrukce pastí, jejich rozmístění, způsobů odběru a konzervace zachyceného materiálu je popsán v kapitole 3 Metodika – 3.1 Konstrukce nárazníkové pasti a 3.2 Rozmístění pastí.

Faktory použité v analýze:

závisle proměnná – počet dospělců lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) zachycených za periodu odběru v jedné sběrné nádobě bariérové pasti

nezávislé proměnné:

orientace – kategorická proměnná (sever, jih, východ, západ) vyjadřující příslušný kolmý směr na rovinu plexiskla, který souhlasí ze směrem pohybu hmyzu tj. rovina plexiskla orientovaná na sever zachycuje hmyz pohybující se směrem na jih.

Clas1_WS_Count – Počet větrů o rychlosti 0 – 1 m·s⁻², který byl naměřen za periodu odběru

Clas2_WS_Count – Počet větrů o rychlosti 1 – 2 m·s⁻², který byl naměřen za periodu odběru

Clas3_WS_Count – Počet větrů o rychlosti 2 – 5 m·s⁻², který byl naměřen za periodu odběru

Clas4_WS_Count – Počet větrů o rychlosti nad 5 m·s⁻², který byl naměřen za periodu odběru

Okolí – kategorická proměnná o třech úrovních, charakterizující okolní prostředí příslušející směru odběru jedné sběrné nádobě bariérové pasti (tedy charakterizující prostředí orientace).

K vyhodnocení získaných dat bylo použito generalizovaného lineárního modelu pro korelovaná data, metoda GEE (Generalized Estimating Equations). Korekce pro odhady

korelační struktury byly realizovány přes parametr past. Pro vyřešení problému časové korelace mezi daty byl každý termín odběru vyhodnocen samostatně. Vzhledem k četnostnímu charakteru závisle proměnné bylo použito Poissonovo rozdělení, které při validaci nevykazovalo porušení předpokladů homoskedasticity. U statisticky významných kategoriálních proměnných byly dále vzájemně porovnány úrovně faktoru pomocí „treatment“ kontrastů, dle Crawley (2007). Při vyhodnocení byly dále uplatněny znalosti a postupy dle PEKÁRA & BRABCE (2009) a PEKÁRA & BRABCE (2012). Pro analýzy byl použit software R (R CORE TEAM 2018) v prostředí R Studio (RSTUDIO TEAM 2016).

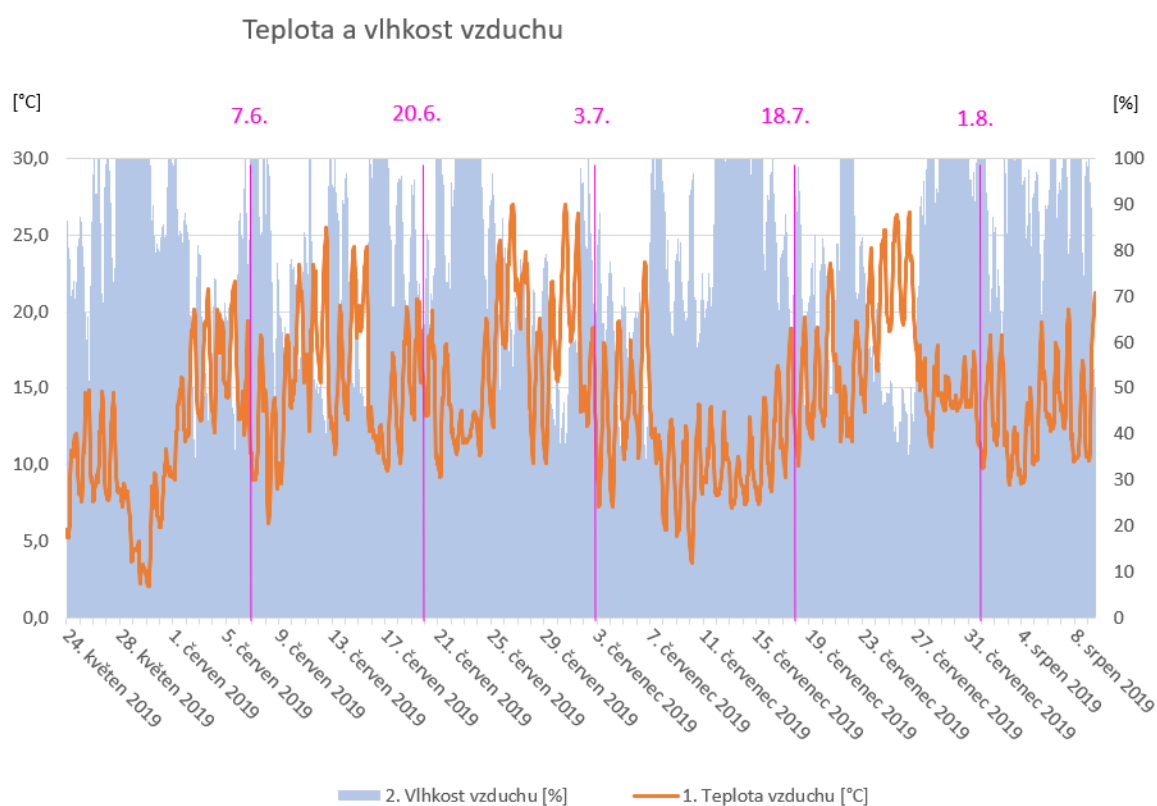
4.6 Přehled počasí a vývoje lýkožrouta smrkového v zájmovém území

V roce 2019 byl na většině území Česka chladný a vlhký květen, který na mnoha místech pozitivně ovlivnil vitalitu smrků a snížil úspěšnost vývoje lýkožrouta smrkového. V horských polohách, tj. na Smrčině, se tato skutečnost projevila relativně dlouhotrvající sněhovou pokrývkou, která ležela na některých místech až do druhé dekády května. Teploty i dále během vegetační sezóny, nedosahovaly takových extrémních hodnot, jako v předcházejících letech. Zejména druhá dekáda července roku 2019 byla chladná a deštivá (Obr. 14).

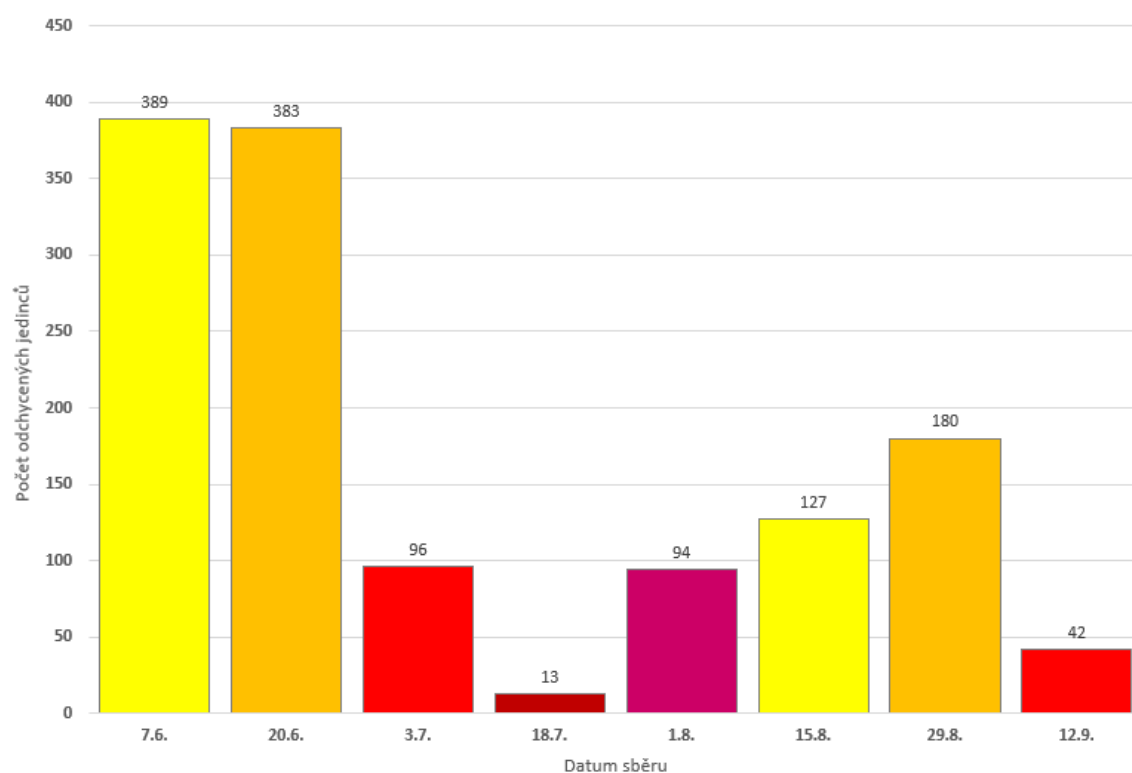
Na Smrčině se v roce 2019 vyvinula pouze jedna řádná generace lýkožrouta smrkového, nicméně vzhledem k značnému nárůstu populační hustoty, proběhlo silné sesterské přerojení. Již během jarního rojení v první a druhé dekádě června, došlo k obsazení stojících stromů, přestože řada polomů z orkánu Herwart (na našem území působil 29. října 2017) byla stále ještě atraktivní pro vývoj. Letová aktivita lýkožrouta smrkového celkem věrně kopírovala průběh teplot a srážek. Koncem srpna došlo v oblasti Smrčiny k relativně silnému sesterskému přerojení (viz. Obr. 15). V současné době se většina populace lýkožrouta smrkového nachází ve stadiu hnědého brouka, který přezimuje v polomech či stojících napadených (již odumřelých) stromech.

Za celé sledované období bylo do nárazových pastí odchyceno celkem 1 324 jedinců lýkožrouta smrkového. Odchyty do nárazových pastí citlivě reagovaly na dvě hlavní letové periody lýkožrouta smrkového na Smrčině. Během období jarního rojení byla zachycena většina (takřka 60 %) z celkového počtu zaznamenaných brouků. V období sesterského přerojení v srpnu bylo zachyceno 23 % z celkového počtu zaznamenaných brouků.

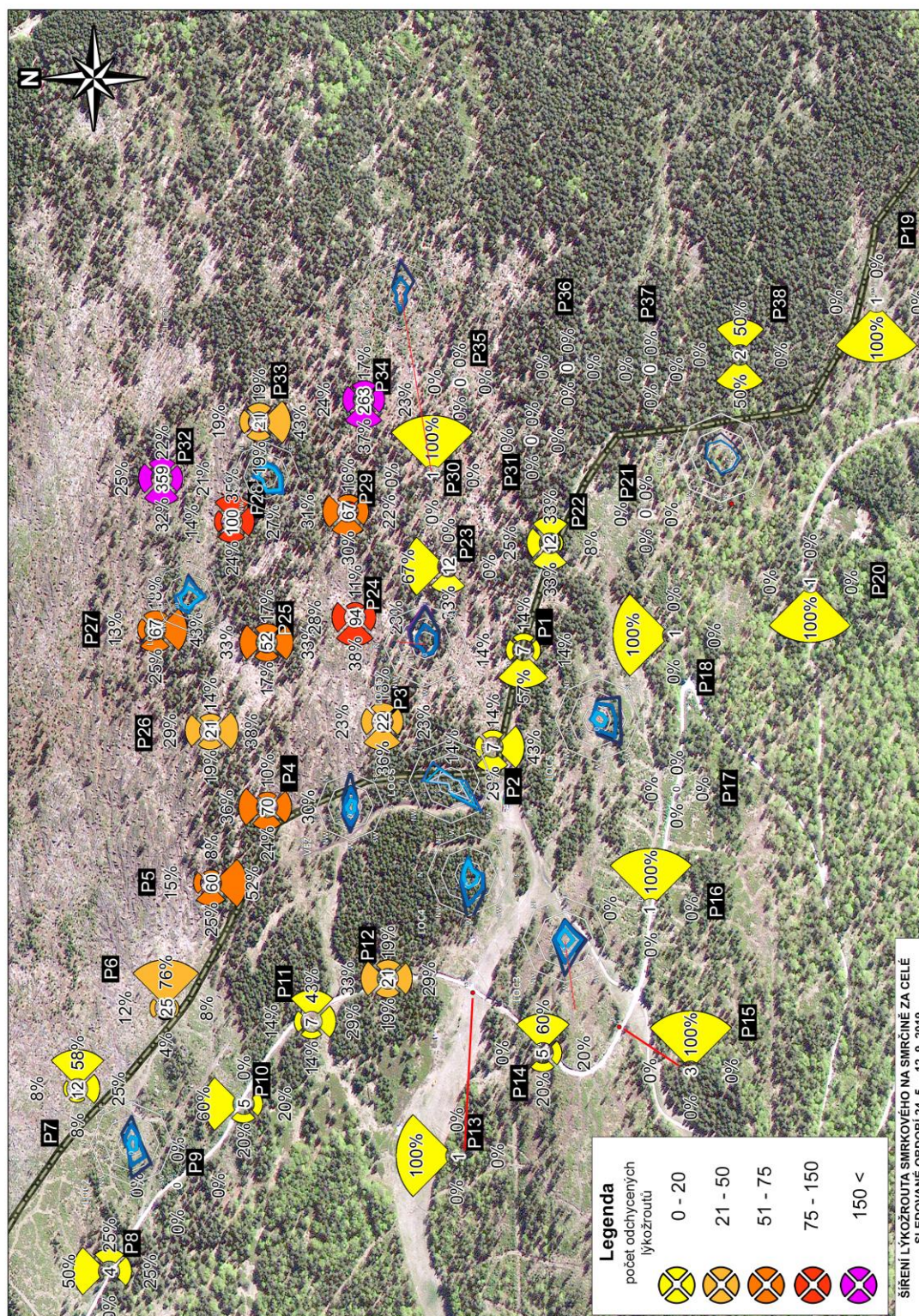
Přehled relativních odchytů podle jednotlivých pastí je zobrazen na Obr. 16. Je zcela zřejmé, že hlavní část disperze lýkožrouta smrkového probíhala na území Česka, dominantně v místech s ležícími polomy. Na straně Rakouska byly zaznamenány jen minimální odchty lýkožrouta smrkového, pouze v pasti č. 12 byl kumulovaný odchyt lýkožrouta smrkového 21 jedinců, což byla hraniční hodnota pro zařazení do druhé (světle oranžové) kategorie odchytu. Celkový převládající směr disperze bylo možné určit jen pro některá konkrétní místa a zpravidla se shodoval s přítomností atraktivních polomů ve směru pohybu (například past č. 5 nebo past č. 33; (Obr. 16). Směr převládajícího věru byl naopak určující pro směr disperze u pastí č. 6 a č. 7 (Obr. 16). Rozbor hlavních směrů a rychlostí větru v období letu lýkožrouta smrkového (ve vegetačním období, při teplotách nad 16,5 °C) ukázal, že převažující proudění je v podmínkách Smrčiny od vrcholu směrem dolů do údolí. Na hřebeni směrem k Hraničníku převládá proudění kolmé směrem na osu hřebene.



Obr. 14: Teplota a vlhkost vzduchu během období monitoringu lýkožrouta na Smrčíně



Obr. 15: Suma počtu dospělců lýkožrouta smrkového odchytených v jednotlivých periodách odběru.



Obr. 16: Přehled relativních odchytů do bariérových pastí, a měření směrů a rychlostí větru za celé sledované období. Jednotlivá stanoviště pastí jsou zobrazena různou barvou, podle množství odchycených brouků, a výše do čtyř světových stran je provedena v relativní velikosti k celkovému odchytu do dané pasti. Celkový počet brouků odchycených v pasti je uveden uprostřed. Číslo pasti je označeno písmenem P, LOC značí číslo meteorostanice. Červené linie u některých meteorostanic odkazují na skutečné umístění stanice v terénu.

5 Výsledky

5.1 Šíření lýkožrouta smrkového v Období 24. 5. – 6. 6. 2019

Na počátku vegetační sezóny, během první periody odběru, byl zachycen největší počet jedinců lýkožrouta smrkového – 389. Z hlediska biologie lýkožrouta se jednalo o období prvních letů, při kterých lýkožrout hledá stromy vhodné k obsazení. V modelu obsahujícím všechny proměnné byly pro šíření lýkožrouta významné parametry Okolí a Rychlost větru mezi 2 – 5 ms⁻¹. Blízko hranice signifikance byla i proměnná Rychlost větru mezi 1 – 2 ms⁻¹ (Tab. 6). V průběhu postupného odstraňování nevýznamných proměnných se parametry rychlosti větru ukázaly jako nesignifikantní a jedinou proměnnou, která významně ovlivňovala šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území byla charakteristika okolí pastí (Tab. 7). Při porovnání úrovní faktoru Okolí, byl významně odlišný odchyt lýkožrouta v blízkosti atraktivních polomů (Tab. 8), kde byla zachycena takřka třetina celkového počtu odchytených jedinců lýkožrouta (Obr. 17). Nejvýznamnějším faktorem ovlivňujícím disperzi lýkožrouta smrkového v zájmovém území v období 24. 5. – 6. 6. 2019 byla přítomnost atraktivních polomů. Pohyb (let) lýkožrouta se realizoval prakticky pouze v jejich okolí (Obr. 18).

Tab.6: Model se všemi proměnnými

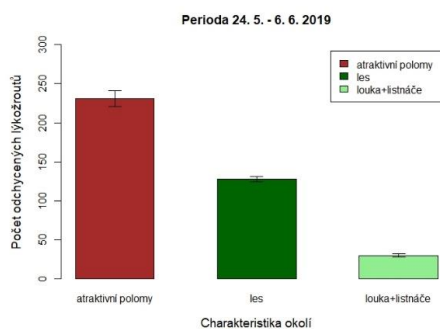
	Df	X2	P(> Chi)
Orientace	3	0,9	0,822
Okolí	2	33,2	6,20E-08 ***
Clas1_WS_Count	1	0,2	0,675
Clas2_WS_Count	1	3,6	0,059 .
Clas3_WS_Count	1	4,1	0,044 *
Okolí:Clas1_WS_Count	2	4,5	0,107
Okolí:Clas2_WS_Count	2	3,3	0,188

Tab. 7: Konečný model

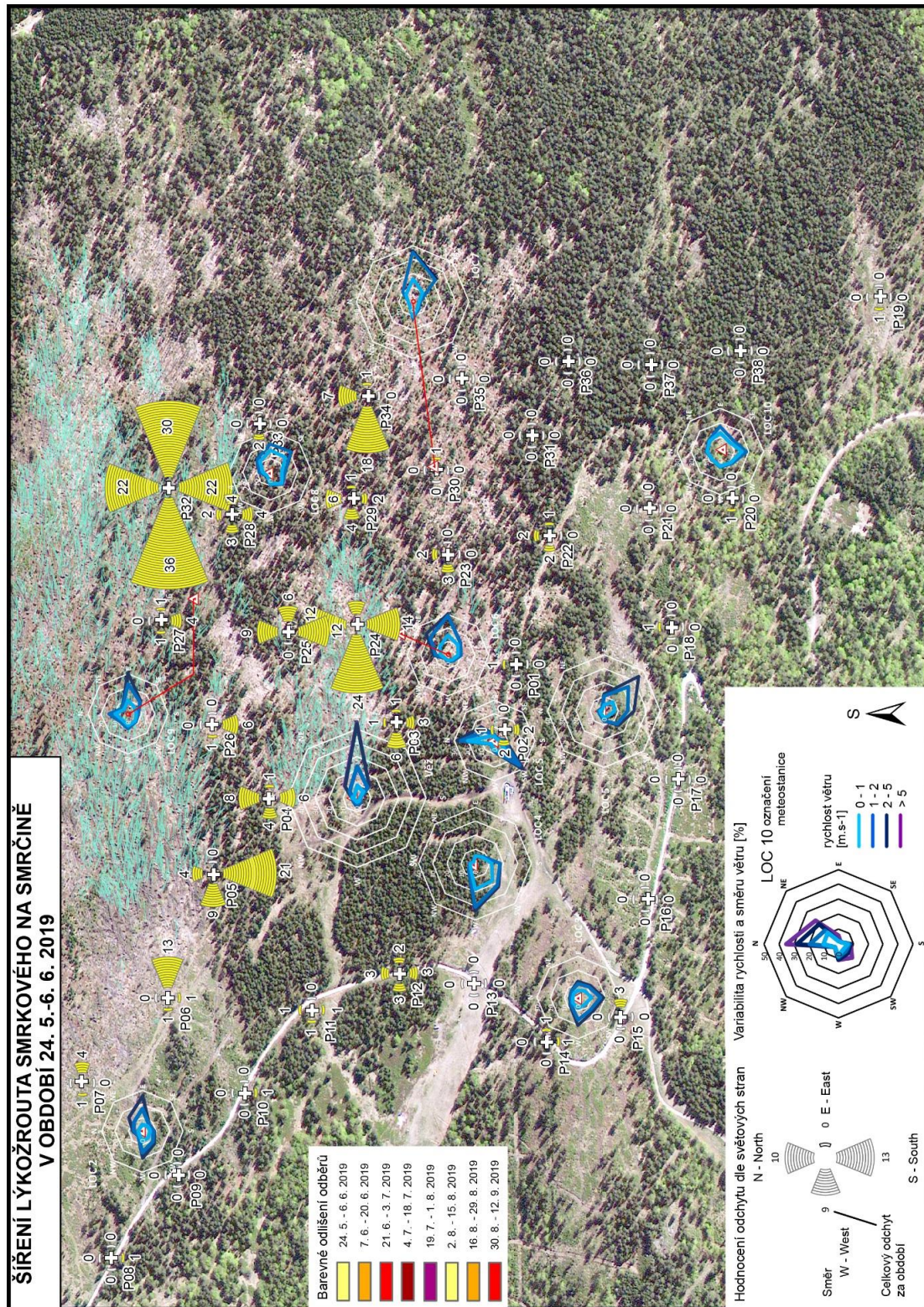
	Df	X2	P(> Chi)
Okolí	2	30,5	0,00000024 ***

Tab. 8: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů

	atraktivní polomy	les	louka+lístnáče
atraktivní polomy	x	9,80E-06 ***	5,20E-06 ***
les	9,80E-06 ***	x	0,13
louka+lístnáče	5,20E-06 ***	0,13	x



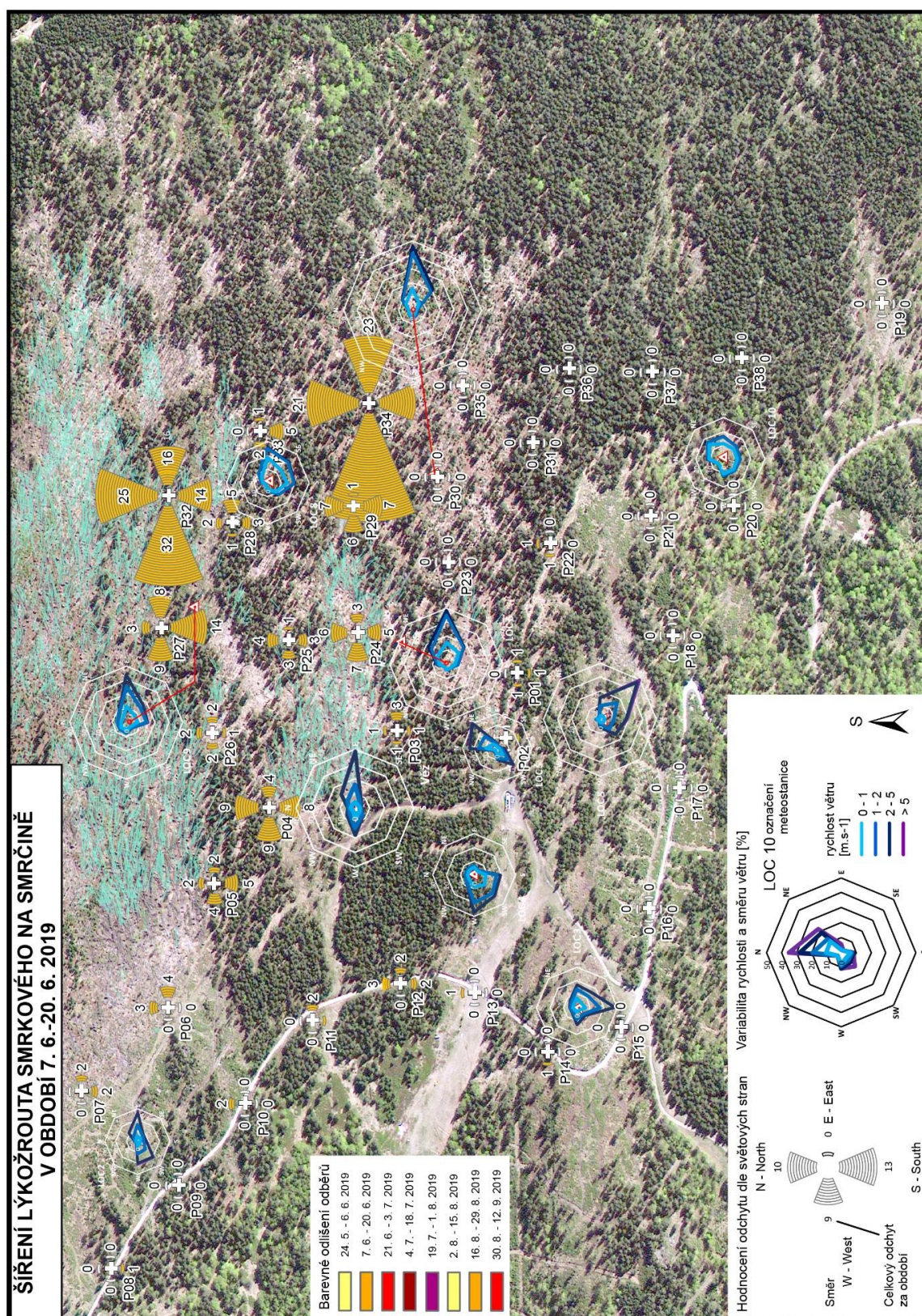
Obr. 17: Počet dospělých lýkožroutů smrkového odchytených v periodě 24. 5. – 6. 6., podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku odchytu.



Obr. 18: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 24. 5. – 6. 6. Použité symboly jsou popsány v legendě, pouze červená linie odkazuje u některých diagramů větru na správné umístění meteorologické stanice. Azurové linie zobrazují pro lýkožrouta smrkového doposud atraktivní polomy.

5.2 Šíření lýkožrouta smrkového v Období 7. 6. – 20. 6. 2019

V pořadí druhá perioda odběrů na Smrčině byla rovněž charakteristická značným disperzním pohybem, zachyceno bylo celkem 383 jedinců. Z hlediska bionomie lýkožrouta smrkového se jednalo o období, kdy již většina pionýrských brouků našla strom vhodný k napadení a do okolního prostředí tyto brouci začali uvolňovat agregační feromon jako signál o vhodnosti stromu pro ostatní samce a samice. Základní statistický model disperze (Tab. 9) byl rozšířen o parametr IT_{term1} , který reprezentoval počet odchycených jedinců do příslušného kontajneru v období prvního odběru (24. 5. – 6. 6.). Smysl této proměnné se nachází v bionomii lýkožrouta, kdy intenzivnější pohyb v období hledání vhodného stromu k obsazení zvyšuje pravděpodobnost jeho nalezení v daném nebo blízkém okolí pasti, a takový strom pak ovlivňuje chování lýkožrouta tedy jeho disperzi. V modelu se všemi proměnnými byly podobně jako v první periodě dva statisticky významné parametry, a to Okolí a Rychlost větru mezi 2–5 ms^{-1} . V průběhu tvorby modelu přibyla ke dvěma výše jmenovaným proměnným ještě nově zavedená proměnná IT_{term1} (Tab. 10), kterou lze označit jako blíže signifikantní a s ohledem na její biologický smysl (zejména vzhledem ke krátkému časovému odstupu od fáze hledání vhodného hostitelského stromu), jsme se rozhodli jí ve výsledném modelu ponechat. Při porovnání úrovní faktoru Okolí, byl významně odlišný odchyt lýkožrouta v blízkosti atraktivních polomů (Tab. 11). Přes relativně podobnou celkovou výši odchycených jedinců u parametru Okolí aktivní polomy a les (Obr. 19), byl statisticky významný rozdíl mezi nimi dán zejména pravidelně vyššími odchty u aktivních polomů, zhruba 50 % odchytů pro parametr les se realizovalo v pasti č. 34 (Obr. 21). Charakter disperze lýkožrouta smrkového během období 7. 6. – 20. 6. byl prakticky stejný jako v periodě 1 (viz Obr. 21 a Obr. 18) a faktorem který ji nejvíce ovlivňoval, byla přítomnost atraktivních polomů. Významnost faktoru Rychlost větru mezi 2–5 ms^{-1} patrně souvisí s jejich největší četností na České straně. Při rychlostech nad 2 ms^{-1} již není lýkožrout smrkový schopen plně ovládat směr svého letu. Relativně vyšší četnost větru těchto rychlostí měla negativní vliv na šíření lýkožrouta v zájmovém území (Obr. 20).



Obr. 21: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 7. 6. – 20. 6. Použité symboly jsou popsány v legendě, pouze červená linka odkazuje u některých diagramů větru na správné umístění meteorologické stanice. Azurové linky v zobrazují pro lýkožrouta smrkového doposud atraktivní polomy.

5.3 šíření lýkožrouta smrkového v Období 21. 6. – 3. 7. 2019

Hlavní rojení lýkožrouta smrkového bylo v poslední dekádě června přerušeno deštivým počasím a po ústupu tlakové níže rojení fakticky skončilo. Většina populace lýkožrouta se od této doby nacházela pod kůrou napadených (stojících nebo ležících) stromů. Celkový počet odchycených lýkožroutů za toto období byl 96 jedinců. Při konstrukci plného modelu nebyl poprvé (z do té doby hodnocených period) samostatně významný parametr okolí (Tab. 12), pouze v interakci s počtem větrů o nejnižších rychlostech. Dalšími úpravami modelu již nedošlo k faktickým změnám, a tak konečný model (Tab. 12) obsahoval parametr Rychlost větru mezi $2 - 5 \text{ ms}^{-1}$ a interakci Okolí a Rychlost větru mezi $0 - 1 \text{ ms}^{-1}$ (nevýznamné parametry, jejichž interakce je statisticky významná, je nutné v modelu ponechat). Četnost větru o rychlosti mezi $2 - 5 \text{ ms}^{-1}$ ovlivňovala negativně disperzi lýkožrouta smrkového (Obr. 15), v porovnání s předchozí periodou však byla míra negativního působení mnohem intenzivnější. Významná interakce Okolí a Rychlosti větru mezi $0 - 1 \text{ ms}^{-1}$ ukazuje na disperzi lýkožrouta v prostředí s nižší četností silnějších větrů. Počet větrů o rychlosti mezi $0 - 1 \text{ ms}^{-1}$ byl nejnižší v úrovni louka+listnáče faktoru Okolí (Obr. 24), naopak četnost větrů o rychlosti mezi $2 - 5 \text{ ms}^{-1}$ byla na louce+listnáče nejvyšší (Obr. 25). Počet odchycených lýkožroutů na louce+listnáče však byl minimální (Obr. 22). V případě úrovní les nebo atraktivní polomy byly tyto vztahy vzhledem k úrovni louka+listnáče opačné. Při porovnání pomocí kontrastů se úroveň louka+listnáče statisticky významně lišila od obou zbývajících (Tab. 14). Lze konstatovat, že disperze lýkožrouta smrkového probíhala v této periodě pravděpodobně spíše za bezvětří a tedy v prostředí, které proudění větru spíše brání, a to prakticky výhradně na české straně. Při pohledu na mapu šíření (Obr. 26) se zdá, že disperze kopírovala pattern z prvních dvou period odběru, ale tato skutečnost se statisticky neprokázala (nevýznamnost faktoru ITterm1, Tab. 12).

Tab.12: Model se všemi proměnnými

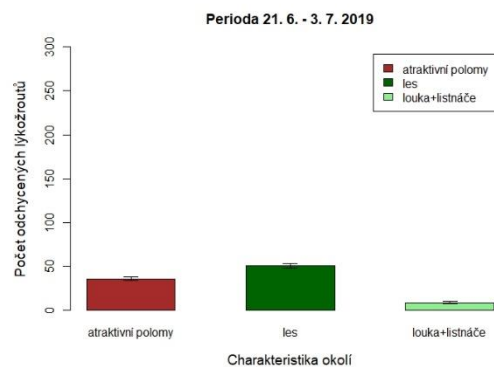
	Df	X2	P(> Chi)
Orientace	3	1,32	0,723
Okolí	2	3,65	0,161
ITterm1	1	1,49	0,222
Clas1_WS_Count	1	2,02	0,155
Clas2_WS_Count	1	1,39	0,239
Clas3_WS_Count	1	6,39	0,012 *
Okolí:Clas1_WS_Count	2	22,17	1,50E-05 ***
Okolí:Clas2_WS_Count	2	2,03	0,362

Tab. 13: Konečný model

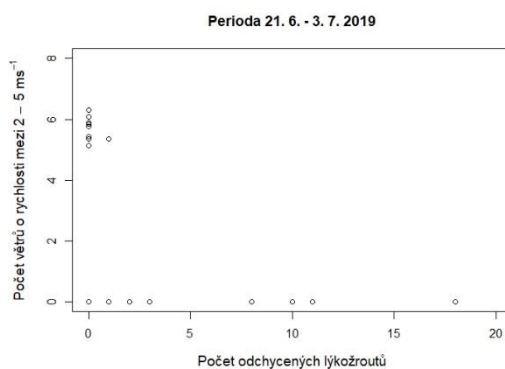
	Df	X2	P(> Chi)
Okolí	2	3,73	0,155
Clas1_WS_Count	1	1,44	0,2295
Clas3_WS_Count	1	8,99	0,0027 **
Okolí:Clas1_WS_Count	2	19,18	0,000069 ***

Tab. 14: Porovnání interakce Okolí:Class1_WS_Count pomocí kontrastů

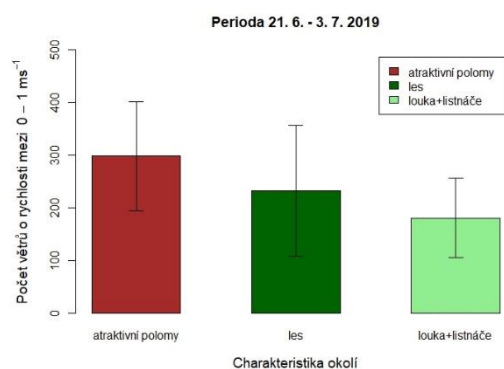
	atraktivní polomy	les	louka+ listnáče
atraktivní polomy	x	1,69E-01	1,40E-05 ***
les	1,69E-01	x	0,007 **
louka+listnáče	1,40E-05 ***	0,007 **	x



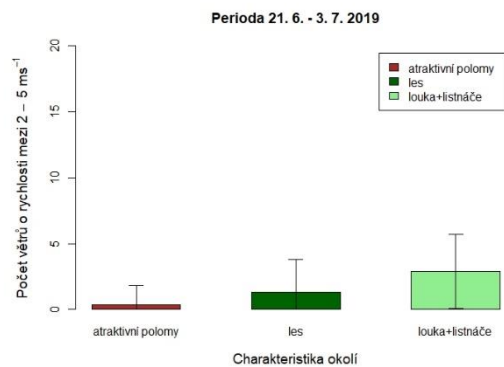
Obr. 22: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 21. 6. – 3. 7. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku odchytu.



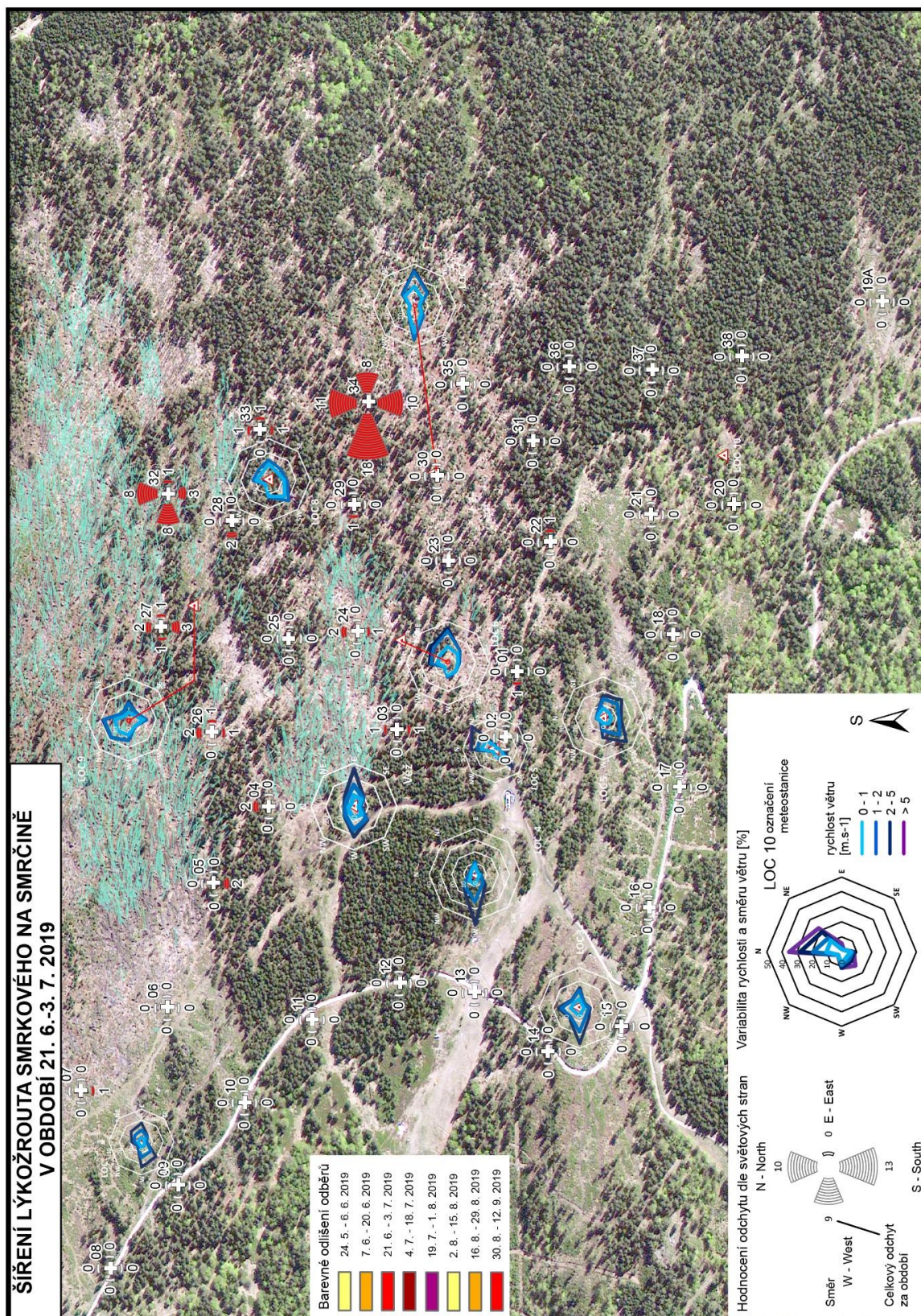
Obr. 23: Vztah mezi počtem odchycených lýkožroutů a počtem větrů o rychlosti mezi 2–5 ms⁻¹.



Obr. 24: Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ v periodě 21. 6. – 3. 7. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku počtu větrů dané rychlosti.



Obr. 25: Počet větrů o rychlosti mezi 2–5 ms⁻¹ v periodě 21. 6. – 3. 7. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku počtu větrů dané rychlosti.



Obr. 26: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 21. 6. – 3. 7. 2019. Použité symboly jsou popsány v legendě, pouze červená linka odkazuje u některých diagramů větru na správné umístění meteorologické stanice. Azurové linky v zobrazují pro lýkožrouta smrkového doposud atraktivní polomy.

5.4 Šíření lýkožrouta smrkového v Období 4.7. – 18.7. 2019

Ve čtvrté periodě odběrů panovalo pro lýkožrouta velice nepříznivé počasí, pokles teplot na průměrnou hodnotu kolem 10°C a prakticky celé období bylo srážkově bohaté. Povětrnostní podmínky způsobily, že zachycený počet lýkožrouta smrkového – 13 jedinců, byl vůbec nejnižší za celou vegetační sezónu. V statistickém modelu byly významné dvě interakce s proměnnou Okolí, a to počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ a počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ (Tab. 15; Tab. 16). Obecný trend proměnné Class1_WS_Count byl vzhledem k počtu odchycených brouků pozitivní, tj. s vyšší četností větrů mezi 0 – 1 ms⁻¹ docházelo k vyššímu odchytu jedinců lýkožrouta smrkového, u proměnné Class2_WS_Count to bylo opačně, tedy s vyšší četností větrů mezi 1 – 2 ms⁻¹ docházelo k nižšímu odchytu jedinců lýkožrouta smrkového. Významnost interakcí spočívala v trendu odchýlném od trendu obecného. Přes vysoký počet větrů o rychlostech 0 – 1 ms⁻¹ bylo v prostoru s atraktivními polomy odchyceno jen minimum jedinců lýkožrouta smrkového (Obr. 27 a 28; Tab. 17). A navzdory vyššímu počtu větrů rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ v lese byly odchyty v tomto prostředí relativně vyšší (Obr. 27 a 29; Tab. 18). Spolehlivost dosažených závěrů je však limitována díky nízkému počtu zachycených jedinců lýkožrouta. V této periodě zaznamenalo odchyt lýkožroutů pouze 7 pastí (Obr. 30).

Tab. 15: Model se všemi proměnnými

	Df	X2	P(> Chi)
Orientace	3	1,91	0,59134
Okoli	2	0,24	0,88473
ITterm1	1	0,00	0,98220
Clas1_WS_Count	1	0,08	0,77896
Clas2_WS_Count	1	0,78	0,37567
Clas3_WS_Count	1	0,07	0,79078
Okoli:Clas1_WS_Count	2	14,33	0,00077 ***
Okoli:Clas2_WS_Count	2	9,00	0,01108 *

Tab. 16: Konečný model

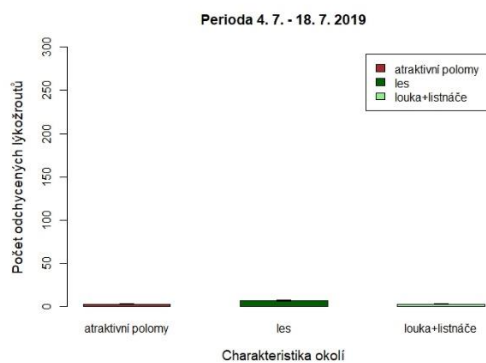
	Df	X2	P(> Chi)
Okoli	2	0,08	0,96132
Clas1_WS_Count	1	0,04	0,84524
Clas2_WS_Count	1	0,79	0,37368
Okoli:Clas1_WS_Count	2	15,7	0,00039 ***
Okoli:Clas2_WS_Count	2	7,62	0,02212 *

Tab. 17: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů

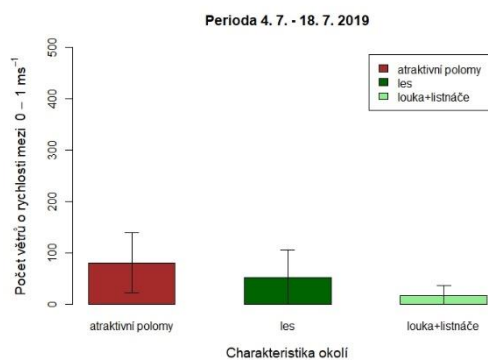
	atraktivní polomy	les	louka+ listnáče
atraktivní polomy	x	8,49E-01	1,30E-03 **
les	8,49E-01	x	5,8e-05 ***
louka+listnáče	1,30E-03 **	5,8e-05 ***	x

Tab. 18: Porovnání interakce Okolí:Class2_WS_Count pomocí kontrastů

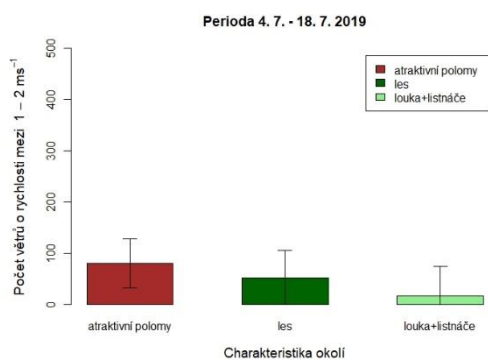
	atraktivní polomy	les	louka+ listnáče
atraktivní polomy	x	2,01E-01	9,77E-01
les	2,01E-01	x	0,01 **
louka+listnáče	9,77E-01	0,01 **	x



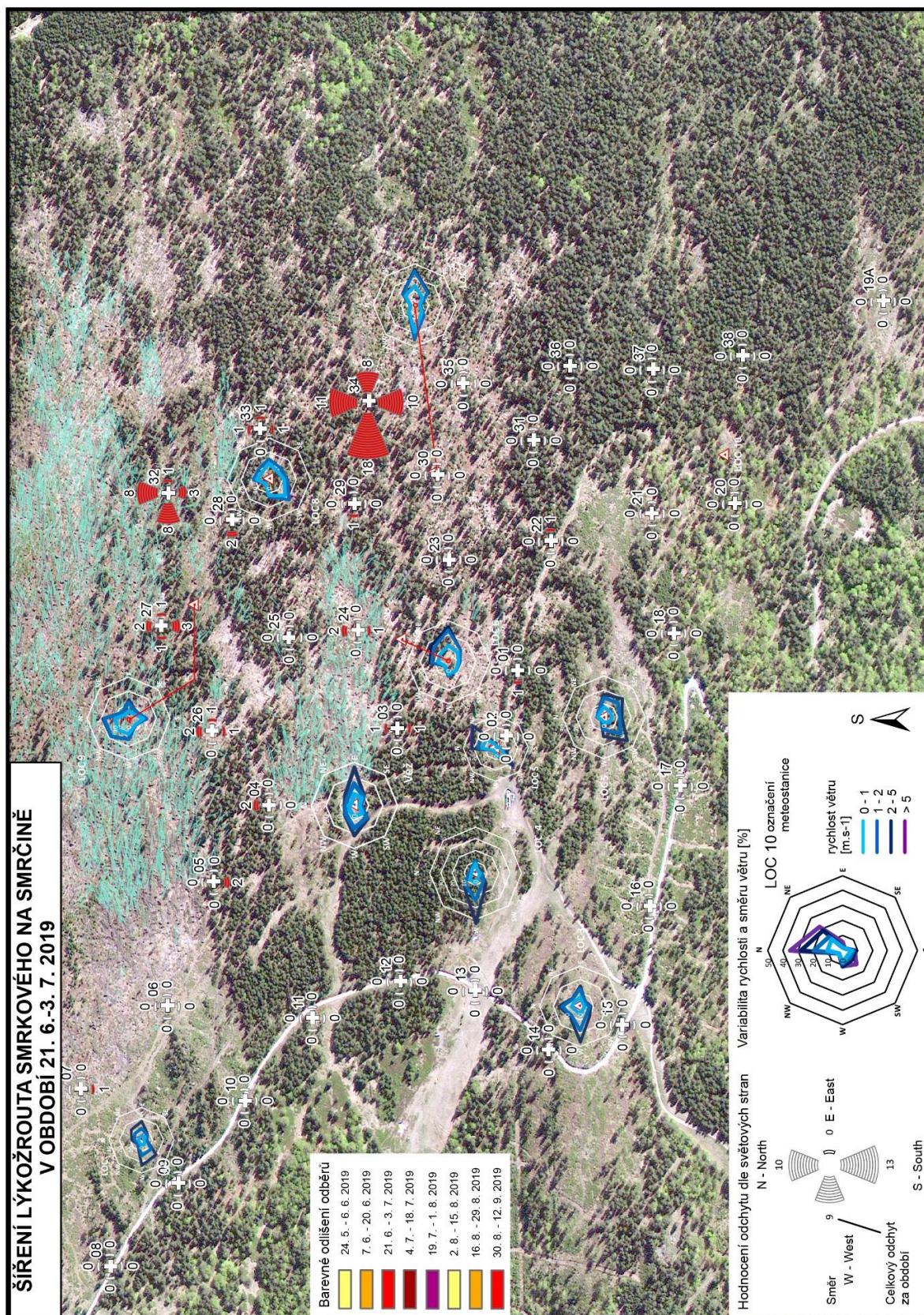
Obr. 27: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 4.7. – 18.7. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku odchyty.



Obr. 28: Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ v periodě 4.7. – 18.7. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku počtu větrů dané rychlosti.



Obr. 29: Počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ v periodě 4.7. – 18.7. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku počtu větrů dané rychlosti.



Obr. 30: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 4.7. – 18.7. 2019. Použité symboly jsou popsány v legendě, pouze červená linka odkazuje u některých diagramů větru na správné umístění meteorologické stanice. Azurové linky v zobrazují pro lýkožrouta smrkového doposud atraktivní polomy.

5.5 Šíření lýkožrouta smrkového v Období 19.7. – 1.8. 2019

V páté periodě odběrů, po chladném a deštivém počasí došlo k výraznému oteplení a lýkožrout smrkový opět začal létat a celkem bylo zachyceno 94 jedinců. Jednalo se pravděpodobně o přelety samic a tedy počátky sesterského přerovávání. V základním modelu se znovu jako statisticky významný ukázal parametr Okolí a významná byla i jeho interakce s počtem větrů rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ (Tab. 19). Zjednodušováním modelu již nedošlo k dalším změnám ve významnosti jednotlivých faktorů (Tab. 20). Při porovnání úrovní fakturu Okolí pomocí kontrastů byla statisticky významně odlišná úroveň Atraktivní polomy, od obou zbývajících (Tab. 21). V prostředí se atraktivními polomy bylo zachyceno nejvíce jedinců lýkožrouta smrkového (Obr. 31). Přerovávání se uskutečňovalo zejména na místech s atraktivními polomy. Vývoj lýkožrouta na ležících kmenech je poněkud rychlejší, a tak v místech s doposud atraktivními polomy začalo sesterské přerovávání dříve, než v obsazených stojících stromech. Významná interakce Okolí a Clas2_WS_Count vyjadřovala nepřímo úměrný vztah počtu větrů rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ a počtem lýkožrouta odchycených na jednotlivých typech prostředí (Obr. 31 a 32). Vyšší počet větrů rychlosti 1 – 2 ms⁻¹ v lese proti polomům je poněkud překvapivý. Disperzní aktivita lýkožrouta smrkového se i v této periodě odběru uskutečňovala takřka výhradně na české straně (Obr. 33).

Tab.19: Model se všemi proměnnými

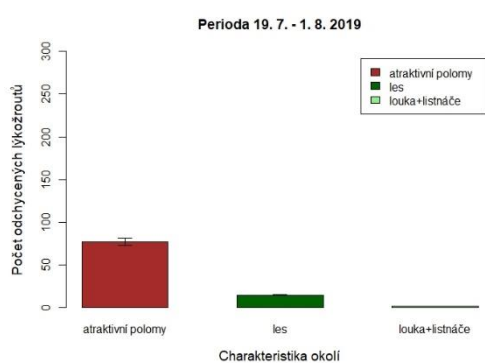
	Df	X2	P(> Chi)
Orientace	3	0,8	0,8584
Okoli	2	47,4	5,10E-11 ***
ITterm1	1	0,0	0,9536
Clas1_WS_Count	1	0,1	0,7459
Clas2_WS_Count	1	0,6	0,4392
Clas3_WS_Count	1	0,3	0,5883
Okoli:Clas1_WS_Count	2	0,8	0,6735
Okoli:Clas2_WS_Count	2	14,8	0,0006 ***

Tab. 20: Konečný model

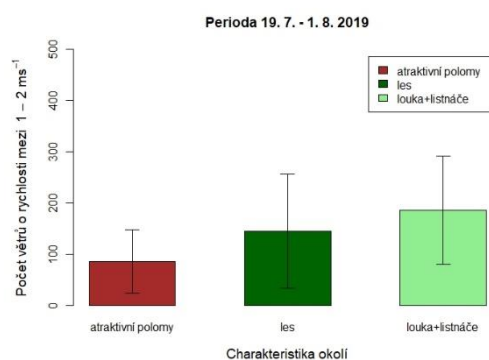
	Df	X2	P(> Chi)
Okoli	2	40,2	1,90E-09 ***
Clas2_WS_Count	1	0,0	0,92149
Okoli:Clas2_WS_Count	2	15,4	0,00045 ***

Tab. 21: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů

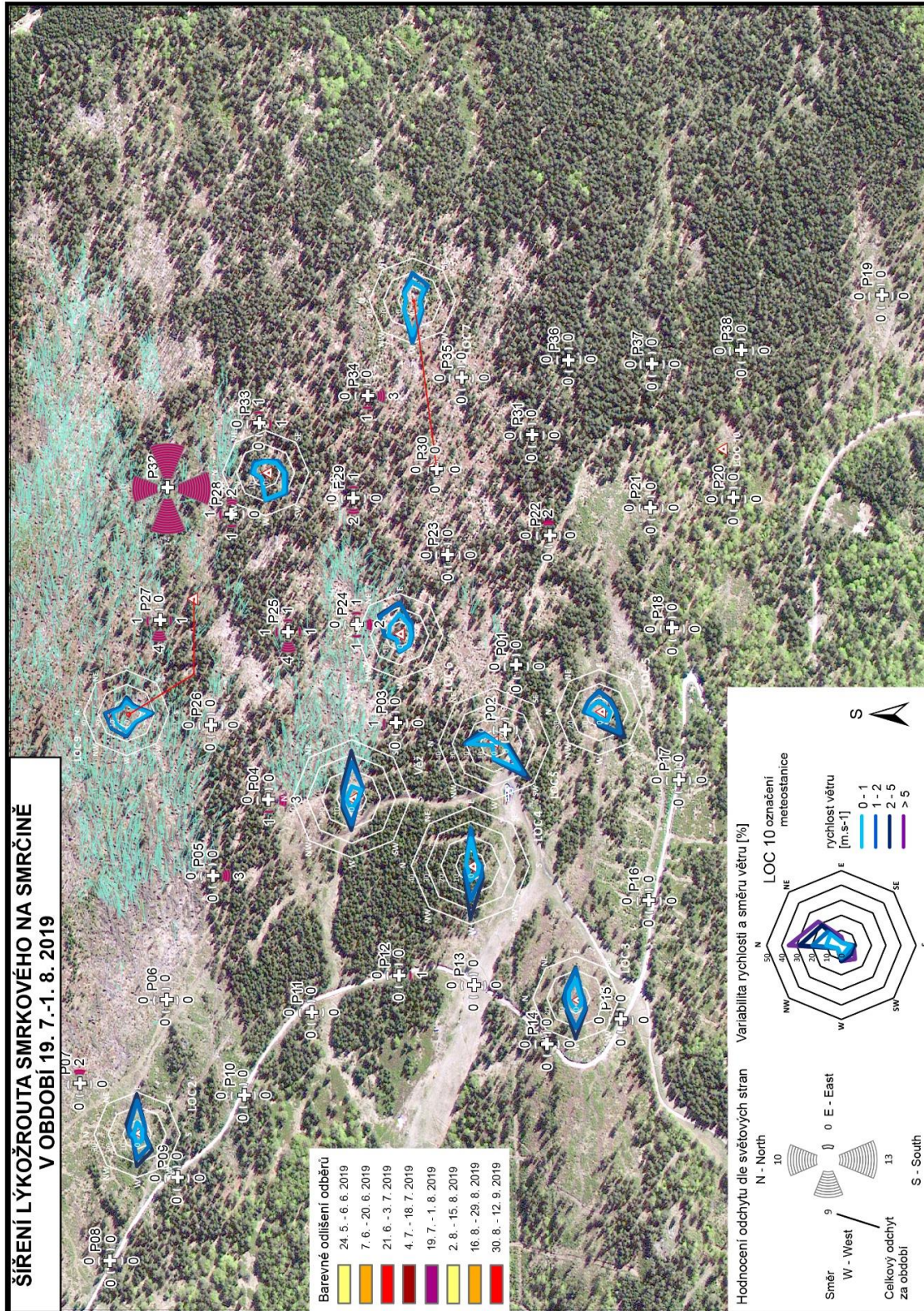
	atraktivní polomy	les	louka+listnáče
atraktivní polomy	x	1,30E-02 *	2,70E-07 ***
les	1,30E-02 *	x	0,00018 ***
louka+listnáče	2,70E-07 ***	0,00018 ***	x



Obr. 31: Počet dospělých lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 19.7. – 1.8. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku odchytu.



Obr. 32: Počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ v periodě 19.7. – 1.8. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku počtu větrů dané rychlosti.



Ob. 33: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 19.7. – 1.8. 2019. Použité symboly jsou popsány v legendě, pouze červená linka odkazuje u některých diagramů větru na správné umístění meteorologické stanice. Azurové linky v zobrazují pro lýkožrouta smrkového doposud atraktivní polomy.

5.6 Šíření lýkožrouta smrkového v období 2.8. – 15. 8. 2019

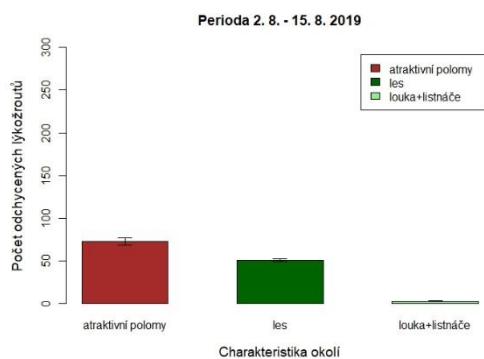
V šesté periodě odběru 2. 8. – 15. 8. nepanovalo tak příznivé počasí jako koncem července. Přesto došlo k nárůstu počtu odchycených jedinců na 127. Příčinou byl všeobecný začátek sesterského přerojení. V statistickém modelu byl znovu významný parametr Okolí a jeho interakce, tentokrát však s počtem větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ (Tab. 22). Během procesu zjednodušování modelu se již žádné další faktory nestaly signifikantními, pouze u stávajících došlo k zvýšení významnosti (Obr. 29). Nejvyšší počet odchycených jedinců lýkožrouta byl zaznamenán v místech s atraktivními polomy (Obr. 34), ale počet lýkožroutů zachycený v lese oproti předchozí periodě vzrostl, nicméně všechny prostředí (úrovně parametru Okolí) se vzájemně statisticky lišila (Tab. 25). Interakce Okolí s proměnnou Clas1_WS_Count sleduje opět vyšší četnost odchytu lýkožrouta v prostředí s vyšší četností větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ (Obr. 34 a 35), tento trend se ukázal již v některých předchozích modelech. Při porovnání pomocí kontrastů u této interakce (Tab. 26) však nebyl signifikantní rozdíl mezi místy s atraktivními polomy a lesem. Naprostá většina disperze lýkožrouta se i v této periodě odehrávala na české straně (Obr. 36). Jediná potenciální migrace na rakouskou stranu mohla přicházet do úvahy v pasti č. 14, kdy převládající větrná proudění směrem od vrcholu Smrčiny mohla po průsecích sjezdovek zanést lýkožrouta do tohoto prostoru, jednalo se však pouze o dva jedince.

Tab. 22: Model se všemi proměnnými

	Df	X2	P(> Chi)
Orientace	3	0,50	0,919
Okoli	2	21,43	2,20E-05 ***
ITterm1	1	1,31	0,253
Clas1_WS_Count	1	2,62	0,106
Clas2_WS_Count	1	0,63	0,429
Clas3_WS_Count	1	2,25	0,134
Okoli:Clas1_WS_Count	2	9,05	0,011 *
Okoli:Clas2_WS_Count	2	4,13	0,127

Tab. 24: Konečný model

	Df	X2	P(> Chi)
Okoli	2	22,77	1,10E-05 ***
Clas1_WS_Count	1	1,39	0,238800
Okoli:Clas1_WS_Count	2	14,06	0,000880 ***



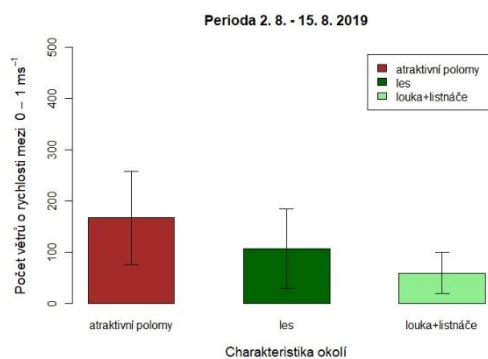
Obr. 34: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 2.8. – 15. 8. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku odchyty.

Tab. 25: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů

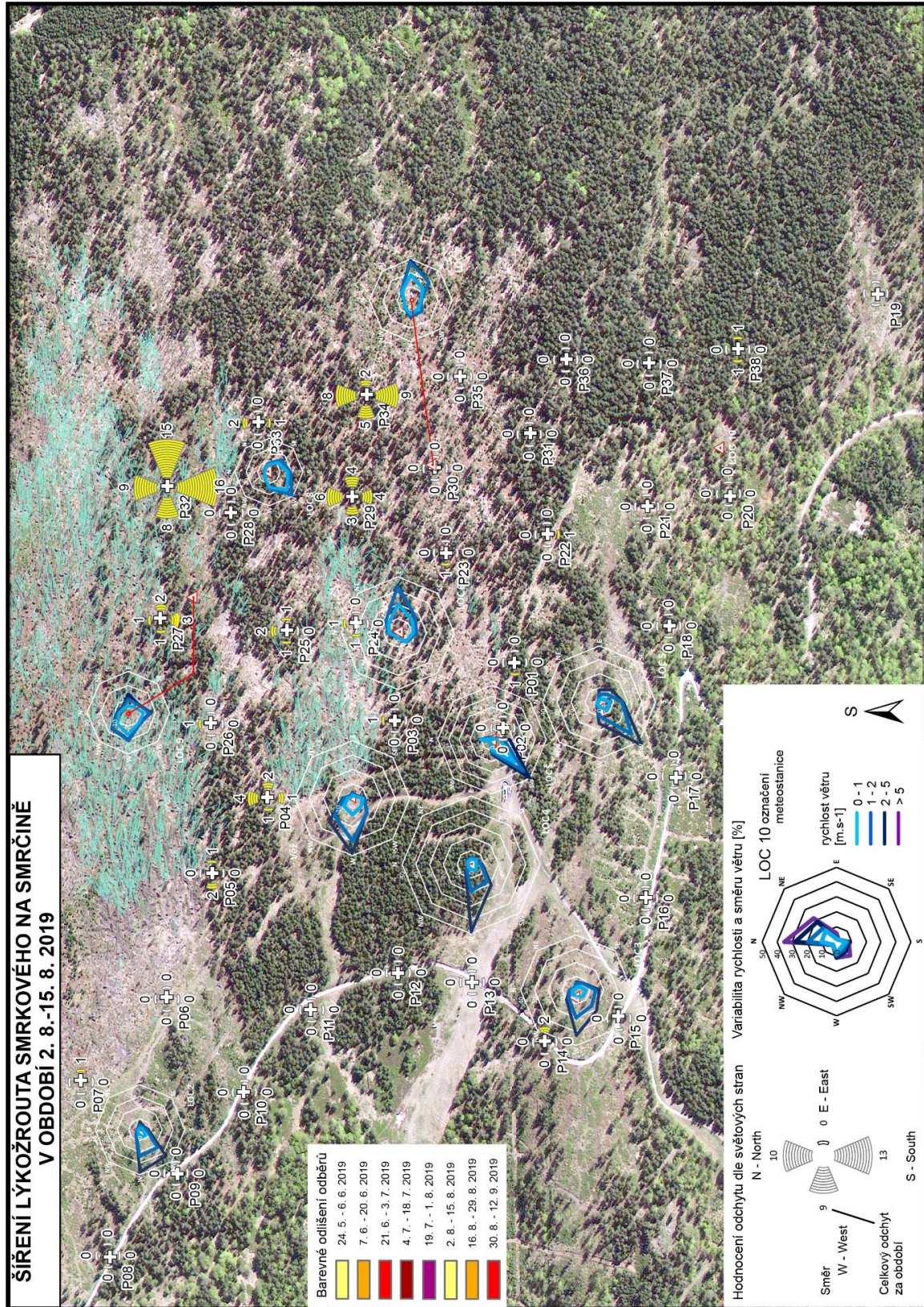
	atraktivní polomy	les	louka+ listnáče
atraktivní polomy	x	9,94E-03 **	3,77E-02 *
les	9,94E-03 **	x	0,00194 **
louka+listnáče	3,77E-02 *	0,00194 **	x

Tab. 26: Porovnání interakce Okolí:Class1_WS_Count pomocí kontrastů

	aktivní polomy	les	louka+ listnáče
aktivní polomy	x	0,57091	0,00018 ***
les	0,57091	x	0,00034 ***
louka+listnáče	0,00018 ***	0,00034 ***	x



Obr. 35: Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ v periodě 2.8. – 15. 8. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku počtu větrů dané rychlosti.



Obr. 36: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 2.8. – 15. 8. 2019. Použité symboly jsou popsány v legendě, pouze červená linka odkazuje u některých diagramů větru na správné umístění meteorologické stanice. Azurové linky v zobrazují pro lýkožrouta smrkového doposud atraktivní polomy.

5.7 Šíření lýkožrouta smrkového v období 16.8. – 29.8. 2019

V sedmé periodě odběrů bylo zachyceno 180 jedinců lýkožrouta smrkového, což byl v pořadí třetí největší počet. V této periodě vrcholilo sesterské přerojování lýkožrouta, a to hlavně za účelem úživného žíru a nalezení nejvhodnějšího místa pro přezimování. V plném modelu byl opět významná proměnná Okolí a jako blízce signifikantní byly označeny proměnné počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ a počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ (Tab. 26). Během tvorby modelu však byly proměnné charakterizující rychlost větru postupně odstraněny a jako jedinou významnou proměnnou ovlivňující disperzi lýkožrouta smrkového v dané periodě zůstalo Okolí (Tab. 27). Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů přineslo znovu signifikantní rozdíly mezi všemi prostředními (Tab. 28), ačkoliv celkový počet odchycených jedinců lýkožrouta smrkového v místech s atraktivními polomy a v lese byl prakticky totožný (86 resp. 85; Obr. 37). Avšak průměrná hodnota počtu odchycených lýkožroutů v místech s atraktivními polomy byla více než dvojnásobná (2,77 resp. 1,05). Sesterské přerojení v této periodě bylo omezeno pouze na českou část Smrčiny (Obr. 38).

Tab. 26: Model se všemi proměnnými

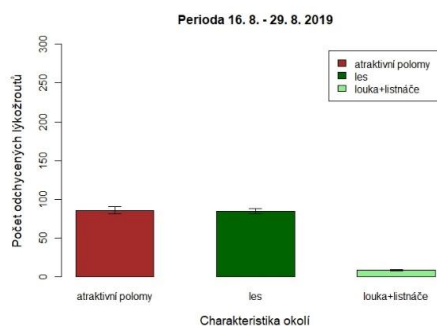
	Df	X2	P(> Chi)
Orientace	3	0,28	0,96361
Okolí	2	15,98	0,00034 ***
ITterm1	1	1,48	0,22336
Clas1_WS_Count	1	3,33	0,06811 .
Clas2_WS_Count	1	3,55	0,05942 .
Clas3_WS_Count	1	0,20	0,65758
Okolí:Clas1_WS_Count	2	2,99	0,22375
Okolí:Clas2_WS_Count	2	3,50	0,17410

Tab. 27: Konečný model

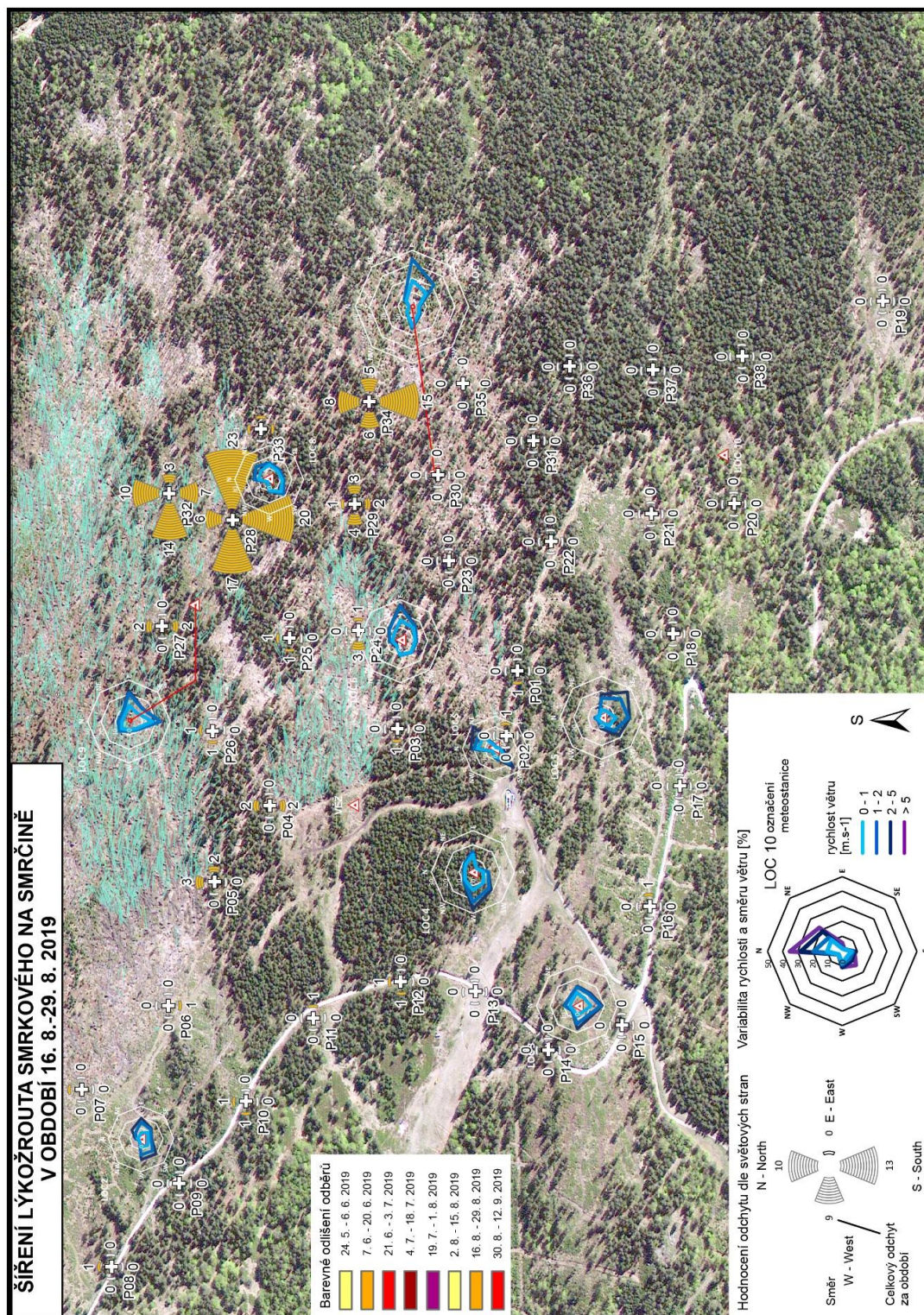
	Df	X2	P(> Chi)
Okolí	2	15,3	0,00047 ***

Tab. 28: Porovnání úrovní faktoru Okolí pomocí kontrastů

	atraktivní polomy	les	louka+listnáče
atraktivní polomy	x	4,33E-02 *	1,30E-04 ***
les	4,33E-02 *	x	0,56 *
louka+listnáče	1,30E-04 ***	0,02 *	x



Obr. 37: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 16.8. – 29.8. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku odchyty.



Obr. 38: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 16.8. – 29.8. 2019. Použité symboly jsou popsány v legendě, pouze červená linka odkazuje u některých diagramů větru na správné umístění meteorologické stanice. Azurové linky v zobrazují pro lýkožrouta smrkového doposud atraktivní polomy.

5.8 šíření lýkožrouta smrkového v Období 30.8. – 12.9. 2019

Poslední osmý termín odběru byl charakteristický útlumem aktivity lýkožrouta smrkového, celkem bylo za periodu odchyceno 42 jedinců. V základním modelu se všemi interakcemi nebyl významný parametr Okolí, pouze v interakci s faktorem Clas1_WS_Count a Clas2_WS_Count, posledně jmenovaný parametr byl signifikantní i samostatně (Tab. 29). Během procesu tvorby modelu k žádným dalším změnám ve významnosti parametrů nedošlo (Tab. 30). Interpretace významných parametrů v zásadě odpovídá zjištěním z předchozích period. Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ zvyšoval množství odchycených jedinců lýkožrouta a naopak počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ množství odchycených lýkožroutů snižoval. Počet zachycených jedinců lýkožrouta byl nízký, nicméně poprvé bylo v lese odchyceno více brouků než v místech s atraktivními polomy (25 resp. 14, Obr. 39). Porovnáním kontrastů nebyly u obou interakcí statisticky signifikantně rozdílné úrovně atraktivní polomy a les (Tab. 31 a 32). Přelety lýkožrouta během závěru sezóny byly opět vázány pouze na českou stranu Smrčiny (Obr. 42).

Tab. 29: Model se všemi proměnnými

	Df	X2	P(> Chi)
Orientace	3	3,58	0,31
Okoli	2	2,41	0,30
ITterm1	1	0,01	0,93
Clas1_WS_Count	1	0,76	0,38
Clas2_WS_Count	1	5,98	0,01 *
Clas3_WS_Count	1	0,60	0,44
Okoli:Clas1_WS_Count	2	8,61	0,01 *
Okoli:Clas2_WS_Count	2	7,59	0,02 *

Tab. 30: Konečný model

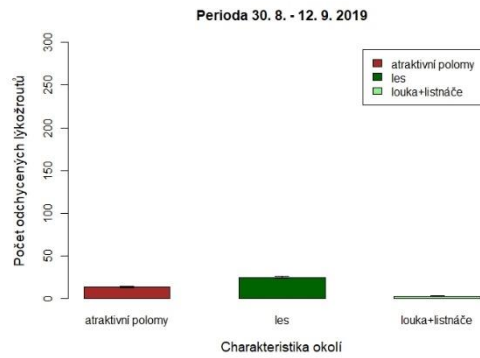
	Df	X2	P(> Chi)
Okoli	2	3	0,22379
Clas1_WS_Count	1	1	0,33072
Clas2_WS_Count	1	6	0,01319 *
Okoli:Clas1_WS_Count	2	17	0,00022 ***
Okoli:Clas2_WS_Count	2	38842	< 2e-16 ***

Tab. 31: Porovnání úrovní interakce Okolí: Class1 pomocí kontrastů

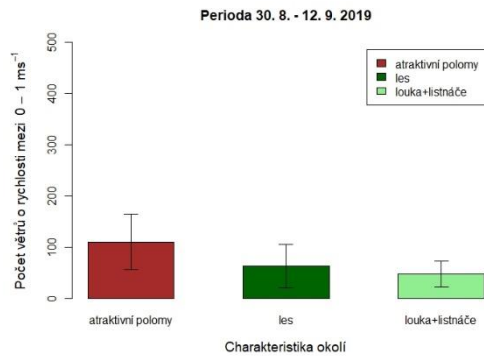
	atraktivní polomy	les	louka+ listnáče
atraktivní polomy	x	0,17	<2e-16 ***
les	0,17	x	<2e-16 ***
louka+listnáče	<2e-16 ***	<2e-16 ***	x

Tab. 32: Porovnání úrovní interakce Okolí: Class2 pomocí kontrastů

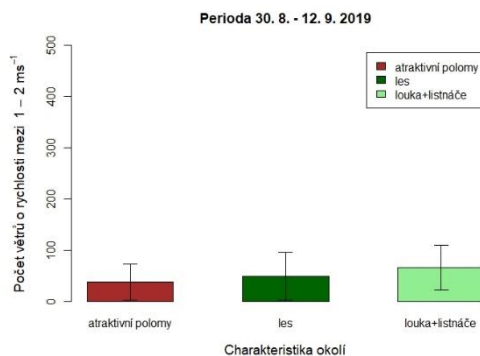
	aktivní polomy	les	louka+ listnáče
aktivní polomy	x	0,39	<2e-16 ***
les	0,39	x	<2e-16 ***
louka+listnáče	<2e-16 ***	<2e-16 ***	x



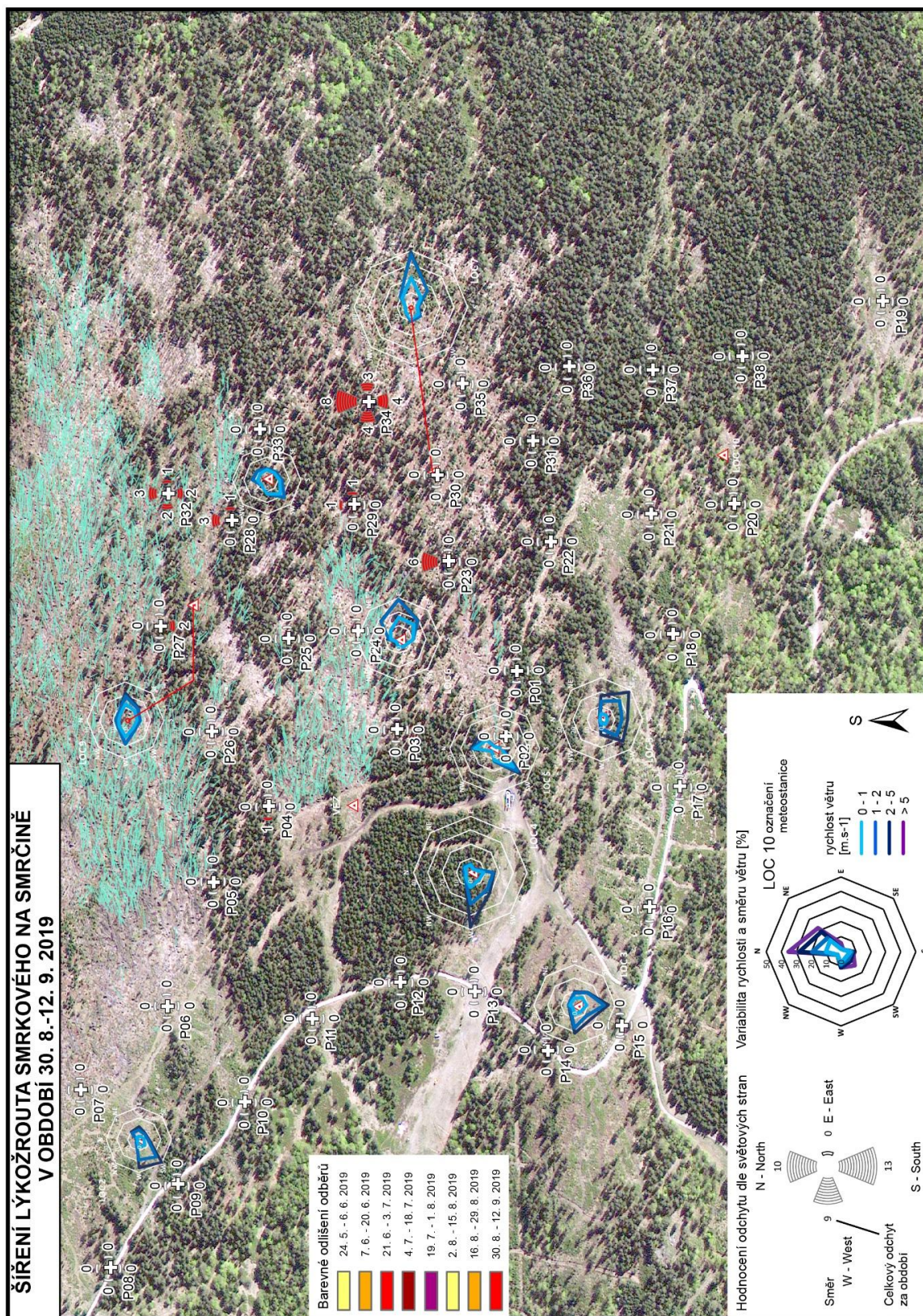
Obr. 39: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených v periodě 30.8. – 12.9. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku odchytu.



Obr. 40: Počet větrů o rychlosti mezi 0 – 1 ms⁻¹ v periodě 30.8. – 12.9. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku počtu větrů dané rychlosti.



Obr. 41: Počet větrů o rychlosti mezi 1 – 2 ms⁻¹ v periodě 30.8. – 12.9. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti. Úsečky na horním okraji každého sloupce reprezentují směrodatnou odchylku počtu větrů dané rychlosti.



Obr. 42: Mapa šíření lýkožrouta smrkového v zájmovém území v periodě 30.8. – 12.9. 2019. Použité symboly jsou popsány v legendě, pouze červená linka odkazuje u některých diagramů větru na správné umístění meteorologické stanice. Azurové linky v zobrazují pro lýkožrouta smrkového doposud atraktivní polomy.

5.9 MODEL šíření lýkožrouta smrkového ZA CELÉ SLEDOVANÉ Období 24.5. – 12.9. 2019

Pro souhrnný model zahrnující celé sledované období byl k původním nezávislým proměnným přidán nový faktor perioda, kategoričká proměnná vyjadřující jednotlivé termíny odběrů, charakterizující různou fází životního cyklu lýkožrouta smrkového. Postupným zjednodušováním odstraněním nevýznamných proměnných a testováním různých variant možných interakcí byl získán výsledný model: $geeglm(\text{Počet odchycených jedinců lýkožrouta smrkového} \sim \text{Orientace} + \text{Okolí} + \text{Perioda} + \text{Okolí:Perioda} + \text{Orientace:Perioda}, \text{family} = \text{poisson}, \text{id} = \text{Past})$, viz Tab. 33.

Tab. 33: Výsledný model šíření lýkožrouta smrkového na Smrčíně

	Df	X2	P(> Chi)
Orientace	3	10	0,01848 *
Okolí	2	15	0,00048 ***
Perioda	7	544	< 2e-16 ***
Orientace:Perioda	14	133	< 2e-16 ***
Okolí:Perioda	21	2141	< 2e-16 ***

Na rozdíl od separátních modelů pro jednotlivé periody odběru vykazoval v kompletním modelu pohyb lýkožrouta z hlediska směru k světovým stranám statistické rozdíly. Převládající směr disperze byl západním směrem (Obr. 43).

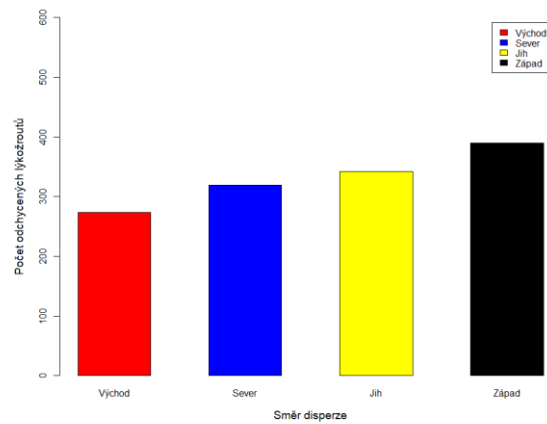
Jedním z nejdůležitějších faktorů ovlivňujících disperzi lýkožrouta na Smrčíně byla přítomnost atraktivních polomů. Většina lýkožroutů byla zjištěna v okolí atraktivních polomů – 53 % z celkového množství odchycených jedinců, v lesních porostech bylo zachyceno 39 % jedinců (Obr. 44).

Nejvýznamnějším faktorem v komplexním modelu však byla Perioda. Disperze lýkožrouta smrkového nebyla v průběhu vegetační sezóny stejná, ale vykazovala významné rozdíly. Můžeme jej rozdělit do třech fází – (i) vyhledávání vhodných stromů pro založení generace (červen), (ii) budování požerku a kladení vajíček (červenec, první polovina srpna), (iii) přerojování (konec srpna, ½ září). Fáze (i) byla charakteristická disperzí směrem

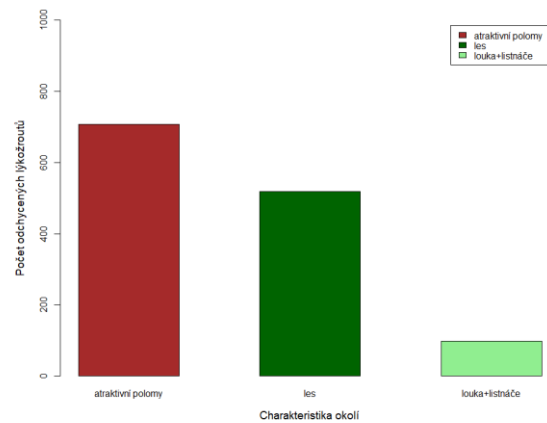
k atraktivním polomům, pro fázi (ii) byly typické nízké počty přeletujících jedinců, tedy menší rozdíly mezi habitaty, ve fázi (iii) byly zjištěny nejvyšší odchvy v lesním prostředí. S periodou (fází životního cyklu lýkožrouta) souvisela i změna převažující orientace disperze na jižní ve fázi přerovávání.

Směr a síla větru měli relativně nižší vliv na disperzi lýkožrouta. Ve fázi (i) měla rychlost větru mezi 2 – 5 ms⁻¹ vliv na pasivní šíření lýkožrouta v zájmovém území, tj. ve směru těchto větrů byl odchyt vyšší a naopak. Obecně se zdá, že lýkožrout smrkový preferoval bezvětrné počasí, při vyšší četnosti větrů mezi 0 – 1 ms⁻¹ docházelo k vyššímu odchytu jedinců. Ovšem nejvyšší četnost „bezvětrí“ byla zjištěna v lesním prostředí (Obr. 45), kde se odchvy lýkožrouta významně zvyšovaly až v závěru vegetační sezóny. Lze tedy předpokládat preferenci lýkožrouta pro disperzi za bezvětrného počasí, avšak pro jeho šíření na Smrčině byla přítomnost atraktivních polomů mnohem důležitější.

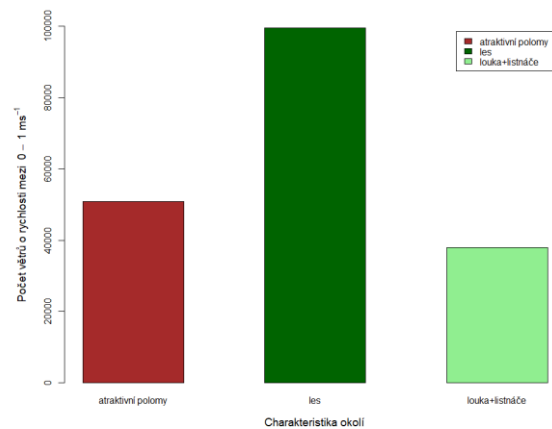
Tyšer, D.: Disperze lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru. *Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 84 s.*



Obr. 43: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených za celé sledované období 24.5. – 12.9. 2019, podle směru disperze.



Obr. 44: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených za celé sledované období 24.5. – 12.9. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti.



Obr. 45: Počet dospělců lýkožrouta smrkového odchycených za celé sledované období 24.5. – 12.9. 2019, podle okolního prostředí, které příslušelo směru odběru bariérové pasti.

6 Diskuse

V roce 2019 byla v námi sledovaném území pozorována jedna generace I. smrkového, dostatečně početná k obsazení stojících stromů. Zatím co v roce 2018 bylo zde pozorováno deset stojících kůrovcových stromů, v polovině roku 2019 bylo již na české straně pozorováno více než 400 stojících, lýkožroutem napadených stromů. V této přílehlé rakouské části bylo k 15.7. 2019 potvrzeno a asanováno 141 kůrovcových stromů.

Nárazníkové pasti byly rozmístěny 24.5. – 12.9. 2019 a jejich umístění bylo na stejných souřadnicích jako pasti z roku 2018. Podél státní hranice bylo instalováno 22 pastí na vnitřním území Česka 30 pastí, na vnitřním území Rakouska 24 pastí, celkem tedy bylo umístěno 76 nárazových pastí. Zachycený hmyz byl z pastí vybírán po čtrnácti dnech, doplňování konzervačního roztoku se odvíjelo dle počasí. V deštivých obdobích byla potřeba doplnění soli a vody na sušších prosvětlených stanovištích každých 14 dní. V horkém aridnějším období byla potřeba doplňovat vodu každý týden. Během činnosti nárazových pastí byly zaznamenávány povětrnostní podmínky (směr a rychlost větru, teplota, relativní vlhkost) pomocí 9 meteorologických stanic ve výšce 2 m nad zemí.

Během sledovaného období bylo zachyceno 1 324 jedinců lýkožrouta smrkového. Za jarního rojení bylo zachyceno 60% z celkového počtu zaznamenaných brouků a v období sesterského rojení bylo zachyceno 23 % z celkového počtu zaznamenaných brouků.

Výsledky šetření I. smrkového ve sledovaném území byly vyhotoveny pro každou z period odběrů a následně společně s odběry za celé sledované období. Závislou proměnnou byl počet dospělců lýkožrouta smrkového zachycených za periodu odběru v jedné sběrné nádobě bariérové pasti. Analýzy se vyhotovovaly dle směru pohybu lýkožrouta, četnost větrů o rychlosti 0 – 1 ms⁻¹; 1 – 2 ms⁻¹; 2 – 5 ms⁻¹ a nad 5 ms⁻¹, charakteristika okolního prostředí pasti a pro celkovou analýzu i perioda odběru. K vyhodnocení získaných dat bylo použito generalizovaného lineárního modelu pro korelovaná data.

V jednotlivých analýzách se faktory pro disperzi lýkožrouta smrkového výrazně měnily. Jako nejvýznamnější a nejčetnější faktor se projevovalo Okolí, kde přítomnost atraktivních

polomů signifikantně zvyšovala četnost odchyty. Vítr o rychlostech $1 - 2 \text{ ms}^{-1}$ a $2 - 5 \text{ ms}^{-1}$ měl významný vliv na šíření l. smrkového.

Rychlost větru $1 - 2 \text{ ms}^{-1}$ byla významná pouze při 8. měření (30.8. – 12.9.). Četnosti větru byly v této době výrazně nižší. Rychlost větru byla $2 - 5 \text{ ms}^{-1}$ významná spíše na začátku vegetační sezóny (perioda 2 a 3; mezi 7.6. – 3.7.). Při rychlostech vyšších než 2 ms^{-1} již lýkožrout smrkový nedokáže ovládat směr letu a vyšší četnosti větru těchto rychlostí měly negativní vliv na šíření lýkožrouta v zájmovém území. Různé četnosti větru se projevíly také v interakci s faktorem Okolí. Vzájemné působení Okolí a četnosti větrů $0 - 1 \text{ ms}^{-1}$ byly určující hned čtyřikrát a její význam spočíval v malé četnosti větrů nízkých rychlostí na loukách, tedy prostředí s nízkými odchyty lýkožroutů. Interakce Okolí a četnosti větrů $1 - 2 \text{ ms}^{-1}$ byly významné třikrát a vyjadřovaly nepřímo úměrný vztah mezi množstvím větrů této rychlosti a počtem lýkožroutů odchycených na jednotlivých typech prostředí.

Model vyhodnocující celé sledované období, který vnímáme jako určující k posouzení vlivu prostředí na šíření lýkožrouta na Smrčině, potvrdil významnost faktoru Okolí, prokázal odlišnosti v disperzi během různé fáze vegetační sezóny a ukázal na převažující směry disperze. Četnost větrů o různých rychlostech se ukázala v porovnání s ostatními faktory jako málo signifikantní. Disperze lýkožrouta smrkového jsme rozdělili do třech fází – (i) vyhledávání vhodných stromů pro založení generace (červen), (ii) budování požerku a kladení vajíček (červenec, první polovina srpna), (iii) přerojování (konec srpna, ½ září). Fáze (i) byla charakteristická disperzí směrem k atraktivním polomům, pro fázi (ii) byly typické nízké počty přeletujících jedinců, tedy menší rozdíly mezi habitaty, ve fázi (iii) byly zjištěny nejvyšší odchyty v lesním prostředí. S periodou (fází životního cyklu lýkožrouta) souvisela i změna převažující orientace disperze (ze signifikantně západního) na jižní ve fázi přerojování.

Většina lýkožroutů byla zjištěna v okolí atraktivních polomů – 53 % z celkového množství odchycených jedinců, v lesních porostech bylo zachyceno 39 % jedinců, naprosté minimum bylo zaznamenáno v na loukách či porostech listnáčů. Množství atraktivních polomů se značně lišilo mezi českou a rakouskou stranou, což zásadně ovlivnilo směr disperze lýkožrouta. Na rakouské straně byl odchycený počet lýkožroutů minimální. Naprostá většina lýkožroutů byla odchycena v pastech na českém území, umístěných ve větší vzdálenosti od státní hranice. Nízké odchyty na rakouské straně a převažující západní orientace disperze ukazují, že původ lýkožroutů lze ve vegetační sezóně 2019 spíše hledat v českém vnitrozemí. Migrace přes státní hranici (oběma směry) byla dle odchytů v pastech minimální, pouze na táhlém, převážně bezlesém hřebenu směrem k Hraničníku, byla zaznamenána relativně vyšší četnost lýkožrouta, a na rakouské straně se zde objevilo ohnisko napadených stromů. Souvislost ostatních ohnisek na rakouské straně s ponecháním polomů byla v roce 2019 minimální, tj. nebyla zaznamenána významná migrace lýkožrouta směrem k polomům (do Česka) ani směrem od polomů (do Rakouska). Jediný relativně vyšší odchyt lýkožroutů na rakouské straně (past číslo 12, viz obr. 3) souvisel patrně s přítomností ohniska napadených stromů. Všechna kůrovcová ohniska byla na rakouské straně včas a rychle zpracována, a nemohla tak výrazně ovlivnit disperzi lýkožrouta. Ovšem ani přítomnost stojících napadených stromů na české straně disperzi významně neovlivnila, resp. pouze v závěru vegetační sezóny.

8 Závěr

Ačkoliv původní záměr vzniku této práce – konstrukce nárazníkových pastí za účelem zjištění šíření l. smrkového, měl být použit jako podklady v případném soudním sporu o škodách způsobených l. smrkovým mezi NP Šumava a opatstvím Schlägl, dospěli tyto strany ke vzájemné dohodě k vytvoření ochranné přechodné zóny o tloušťce 500m mezi NP Šumava a hraničící s hospodářskými lesy na rakouské straně. V této oblasti se na území parku budou manuálně loupat všechny stromy nastojato, a to i v 1. zóně NP. Tato studie však neztratila na své významnosti, jelikož byla zachycena cenná data o chování, postupu, letu a šíření l. smrkového. Zejména tak bylo zjištěno rozmezí síly větru, ve kterém je lýkožrout schopen příznivě ovlivňovat svůj let vzhledem k síle a četnosti větru a jaké rychlosti měli negativní vliv na šíření lýkožrouta v zájmovém území. Současně byli tyto poznatky doplněny v interakci s faktorem z Okolí – aktivních polomů, loukách či listnatých porostech. Ačkoliv byl prokazatelně zjištěn nárůst populace l. smrkového na českém území, jeho migrace přes hranice byla zanedbatelná jak z české strany do Rakouska, tak z rakouské strany do české.

9 Literatura

- ANDERBRANT, O. Gallery construction and oviposition of the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at different breeding densities. *Ecological Entomology*, 1990, vol. 15, no. 1, s. 1–8. ISSN 0307-6946.
- Birgersson, G., Bergström, G. Volatiles released from individual spruce bark beetle entrance holes Quantitative variations during the first week of attack. *Journal of Chemical Ecology*, 1989: 15(10), 2465–2483. doi.org/10.1007/BF01020377
- Botterweg, P. F. Dispersal and flight behaviour of the spruce bark beetle *Ips typographus* in relation to sex, size and fat content. *Zeitschrift Für Angewandte Entomologie*, 2009: 94(1-5), 466-489. doi:10.1111/j.1439-0418.1982.tb02594.x
- Bednář, J. Meteorologický slovník výkladový terminologický: s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině. Praha: Academia, 1993. ISBN 80-85368-45-5.
- Dudák, V. *Šumava: příroda, historie, život*. 1. Praha: Baset, 2003, 800 s. 1. ISBN 80-734-0021-9.
- Jakuš, J. Cudlín, P. Slivinský, J. Mezei, P. Majdák, A. Blazenec, M. (2015). Hodnotenie zdravotného stavu smreka vo vzťahu k náletu podkôrneho hmyzu a k odumieraniu lesa. 1. Bratislava: Ústav ekológie lesa, Slovenská akadémia vied, 2015, 151 s. ISBN 978-80-89408-22-1.
- KAUSRUD, K.; ØKLAND, B.; SKARPAAS, O.; GRÉGOIRE, J.C.; ERBILGIN, N.; STENSETH, N.C. Population dynamics in changing environments: the case of an eruptive forest pest species. *Biological Reviews*, 2012, vol. 87, no. 1, s. 34–51. ISSN 1464–7931.
- Konopka, J., Konopka, B., Raši, R., Nikolov, Ch. Nebezpečné smery vetra na Slovensku. Lesnicke štúdie, č.60, Zvolen: Národné lesnicke centrum – Lesnicky výzkumný ústav Zvolen, 2008: p. 6-81.

Tyšer, D.: Disperze lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru. *Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 84 s.*

Lausch, A., Fahse, L., & Heurich, M. Factors affecting the spatio-temporal dispersion of *Ips typographus* (L.) in Bavarian Forest National Park: A long-term quantitative landscape-level analysis. *Forest Ecology and Management*, 2011: 261(2), 233-245. doi:10.1016/j.foreco.2010.10.012.

Liška, J., Píchová, V., Knížek, M., Hochmut, R. Přehled výskytu lesních hmyzích škůdců v Českých zemích. *Lesnický průvodce*, 1991, 3, s. 1–37.

Lobinger, G. Die Lufttemperatur als limitierender Faktor für die Schwärmaktivität zweier rindenbrütender Fichtenborkenkäferarten, *Ips typographus* L. und *Pityogenes chalcographus* L. (Col., Scolytidae). *Anzeiger Für Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 1994: 67(1), 14-17. doi:10.1007/bf01906563

Lobinger, G., & Skatulla, U. Untersuchungen zum Einfluß von Sonnenlicht auf das Schwärmverhalten von Borkenkäfern. *Anzeiger Für Schädlingskunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, 69(8), 1996: 183-185. doi:10.1007/bf01908442

Martinek V. Příspěvek k osvětlení problému sesterského pokolení u kůrovce *Ips typographus* L. Sborník Československé Akademie Zemědělských Věd, Lesnictví, 1956: 29: 615–644.

MODLINGER, R.; LIŠKA, J.; KNÍŽEK, M.; ADAM, D.; JANÍK, D.; HORT, L. Ochrana lesa před lýkožroutem smrkovým v ochranném pásmu lesních rezervací ponechaných samovolnému vývoji. VÚLHM, Strnady. *Lesnický průvodce* 9, 2015. 67 s. ISBN 978-80-7417-104-8.

Modlinger, R. Kůrovcovití v Česku: způsob života, morfologie a přirození nepřátelé. *Veronica*. 2019: (XXXIII.), 3.

Nožička, J. Přehled vývoje našich lesů. Praha: Státní zemědělské nakladatelství,

Lesnická knihovna. Velká řada. 1957

Paine, T. D., Raffa, K. F., & Harrington, T. C. Interactions Among Scolytid Bark Beetles, Their Associated Fungi, And Live Host Conifers. *Annual Review of Entomology*, 1997: 42(1), 179-206. doi:10.1146/annurev.ento.42.1.179

PFEFFER, A. *Fauna ČSR, svazek 6. Kůrovci – Scolytoidea*. 1. vyd. Praha : Nakladatelství ČSAV, 1955. 324 s.

Pfeffer A. *Ochrana lesů*. Praha: Státní zemědělské nakl. 1961

Tyšler, D.: Disperze lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru. *Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 84 s.*

Raffa, K. F., Aukema, B. H., Bentz, B. J., Carroll, A. L., Hicke, J. A., Turner, M. G., & Romme, W. H.. Cross-scale Drivers of Natural Disturbances Prone to Anthropogenic Amplification: The Dynamics of Bark Beetle Eruptions. *BioScience*, 2008: 58(6), 501-517. doi:10.1641/b580607

Schlyter, F. Sampling range, attraction range, and effective attraction radius: Estimates of trap efficiency and communication distance in coleopteran pheromone and host attractant systems. *Journal of Applied Entomology*, 1992: 114(1-5), 439-454. doi:10.1111/j.1439-0418.1992.tb01150.x"

Stauffer, C., Lakatos, F., Hewitt, G.M. Phylogeography and postglacial colonization routes of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Mol. Ecol*, 1999: 8, 763–773.

SKUHRAVÝ, V. *Lýkožrout smrkový (Ips typographus L.) a jeho kalamity*. 1. vyd. Praha : Agrospoj, 2002. 196 s. ISBN 80-7084-238-5.

Šrůtka, P. Ochrana lesů (Skriptum) FLD, CZU v Praze, 1998: 91

WERMELINGER, B.; SEIFERT, M. Analysis of the temperature dependent development of spruce bark beetle *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*, 1998, vol. 122, s. 185-191.

WERMELINGER, B.; SEIFERT, M. Temperature-dependent reproduction of the spruce bark beetle *Ips typographus*, and analysis of the potential population growth. *Ecological Entomology*, 1999, vol. 24, no. 1, s. 103–110. ISSN 0307-6946.

Wermelinger, B. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. *Forest Ecology and Management*, 2004: 202(1-3), 67-82. doi:10.1016/j.foreco.2004.07.018

Wheeler, D. Climate Atlas of Czechia. By R. Tolaszet al.. Czech Hydrometeorological Institute, Prague, 2007. 254pp. Hardback ISBN 978-80-86690-1. *Weather*, 63(1), 23-23. doi:10.1002/wea.126

Wood, S. L. & Bright, D. E. A catalog of Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera),
part 2: Taxonomic index. Monte L Bean Life Science Museum. 1992:

Tyšer, D.: Disperze lýkožrouta smrkového – *Ips typographus* (L.) v oblasti postižené polomy v závislosti na směru a rychlosti větru. *Diplomová práce. FLD ČZU, Praha 2020. 84 s.*

Zuber, M., Benz, G., 1992. Untersuchungen über das Schwärmverhalten von *Ips typographus* (L.) und *Pityogenes chalcographus* (L.) (Col., Scolytidae) mit den heromonpräparaten Pheroprax und Chalcoprax. *J. Appl. Entomol.*, 1992: 113, 430–436.

Zahradník P., Knížek M. Lýkožrout smrkový *Ips typographus* (L.). Druhé, doplněné vydání. *Lesnická práce (příloha)*, 2007: 86 (4): i–viii.und Chalcoprax. *J. Appl. Entomol.* 113, 430–436. Zúmr, V. CSc. Lýkožrout smrkový - biologie, prevence a metody boje. Vyd. 1. Písek: Matice Lesnická, 1995: 131 s. Dobové spisky. ISBN 80-900043-2-6

Internetové zdroje:

www. 1 Těžba dřeva je rekordní, může za to kůrovec i sucho. Kalamitní oblasti jsou ve všech krajích. *Ct24.ceskatelevize.cz* [online]. Praha, 7.2. 2020 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/domaci/3044739-tezba-dreva-je-rekordni-muze-za-kurovec-i-sucho-kalamitni-oblasti-jsou-ve-vsech>

WWW. 2 Lýkožrout smrkový a české lesy I. - Historie a současnost. *Agromanual* [online]. Praha, 2019, 19.3. 2019 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/lykozrout-smrkovy-a-ceske-lesy-i-historie-a-soucasnost>

WWW. 3 Kontrola a obrana. *Kurovcoveinfo* [online]. Praha, 2016, 23. 5. 2016 [cit. 2020-6-13]. Dostupné z: <https://www.kurovcoveinfo.cz/ochrana-lesa>

WWW. 3 ZPRÁVA O STAVU LESA A LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2017. *Lesy ČR* [online]. Praha: Lesy ČR, 2018, 2018 [cit. 2020-6-13]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/609179/Zprava_o_stavu_lesa_2017.pdf

WWW. 4 Beaufortova stupnice síly větru. In: *Copperminegallery* [online]. Praha: Copperminegallery, 2016, 11. 2. 2016 [cit. 2020-06-13]. Dostupné z: <http://www.palba.cz/album/displayimage.php?pid=2614>