

СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ “СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”

Биологически факултет

Катедра по Зоология и антропология



НИКОЛАЙ ПАНАЙОТОВ ДОЛАПЧИЕВ

**Екологични ниши на вълка *Canis lupus L.* и
неговите жертви в Осогово**

АВТОРЕФЕРАТ

за присъждане на образователна и научна степен „доктор”
професионално направление 4.3. Биологически науки (Зоология –
Зоология на гръбначните животни)

Научен ръководител:

доц. Диана Пенева Златанова

София, 2022

Дисертацията е разработена в катедра „Зоология и антропология“ на Биологическия факултет на Софийски Университет „Св. Климент Охридски“.

Дисертационният труд е обсъден и насрочен за защита на разширен катедрен съвет на катедра „Зоология и антропология“, състоял се на 10.01.2022 г.

Дисертационният труд съдържа общо **124 страници**, включително **25 фигури, 8 таблици, 7 приложения**. Списъкът на цитираната литература включва 180 източника, от които 23 на кирилица и 157 на латиница.

Част от изследванията по дисертацията са финансирани от следните проекти

№ 80.10-13/18.03.2020г. „Сезонни изменения на екологичните ниши на вълка (*Canis lupus L.*) и неговата плячка в Осогово.“ към фонд „Научни изследвания“ на Софийския Университет.

№ 80.10-29/2019г. „Екологични ниши на вълка *Canis lupus L.* и неговата плячка в Осогово“ към фонд „Научни изследвания“ на Софийския Университет.

№ 25.10-29/2018 г. „Екологични ниши на вълка *Canis lupus L.* и неговата плячка в Осогово“ към фонд „Научни изследвания“ на Софийския Университет.

№ ПО/01/53-30.05.2018 г. „Проучване на ролята на вълка и установяване възрастовата и полова структура на сърната и дивата свиня с цел правилното стопанисване на дивечовите запаси”, финансиран с договор от Югозападното Държавно Предприятие ТП: Държавно Ловно Стопанство „Осогово”

Защитата на дисертационния труд ще се състои на от часа в аудитория на Биологически факултет на Софийски Университет „Св. Климент Охридски“.

I. УВОД

Понятието *екологична ниша*, което разглежда ролята и мястото на всеки един вид в екосистемите е основен елемент на редица екологични изследвания .

За първи път Hutchinson (Hutchinson., 1957) дава съвременното описание за *екологична ниша*, която разглежда като „*n-размерно пространство*” охарактеризирано от условията на средата и даващо възможност на видовете да съществуват за неопределен срок от време. Определена по този начин, екологичната ниша се представя, като „**многомерна (мултипространствена) ниша**“. Така според този автор, екологичната ниша може да се дефинира, чрез описването на целият обем от химични, физични и биотични променливи на средата (*n-размерност*).

Всяка променлива, която влияе върху организмите или ресурсите оползотворяван от тях се възприема като *единична ос* (ковариат или *градиент*), в обхвата на която всеки вид съществува. Описването на голям брой такива ковариати, дава възможност да се очертае многомерна картина на екологичната ниша на всеки вид. По този начин може да се изобрази приспособеността на вида към тази среда (например *генералисти vs. специалисти*) и влиянието , което му оказват *n-броя* фактори от заобикалящата го среда.

Вълкът е широко разпространен вид на територията на България, но въпреки това проучеността на взаимоотношенията му с други видове у нас е твърде слаба. Управлението на вида е предвидено да се регламентира изготвения, но все още неприет „План за действие за европейския вълк (*Canis lupus lupus* L.) в България 2016 – 2025“ (Цингарска-Сedefчева et al., 2015). Допълнително, видът е проучван в проект: „Картиране и определяне природозащитното състояние на местообитания и видове–фаза 1”, за който е изготвен “Общ доклад за целеви вид 1352. Европейски вълк *Canis lupus*“. Съществуват редица български литературни източници, които третираат само влиянието на вълка върху хранителната база, без отчитане на пространствените и времеви аспекти с които се характеризира вида и неговата плячка. Тези публикации обаче, са добра начална база и дават възможност за определяне на основните посоки за проучване на екологичните ниши на вълка и жертвите му. В Европа проучеността на вида е значително по-добра, но въпреки това характеристиките на екологичните ниши не са добре изяснени. Много малко изследвания засягат и пространствено-времевия аспект на взаимоотношенията между вълка и неговата плячка.

Ето защо, с цел запълване на тези празнини, в настоящата дисертация са разгледани влиянията на широк кръг от градиенти оформящи екологичните ниши на три вида в Осоговската планина – европейския вълк и два вида негови жертви – дива свиня (*Sus scrofa* L.) и сърна (*Capreolus capreolus* L.). Резултатите от това изследване могат да допринесат за по-доброто разбиране на функционирането на взаимоотношението „хищник – жертва“ в природата и да спомогнат за по-доброто управление на тези видове.

II. ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

В настоящата дисертация е представен преглед на литературата свързана с методите на фотокапаните, изследванията на хранителният спектър на вълка и изборът му на жертви, обитанието и проучванията отнасящи се за циркадната (денонощна) активност и припокриване в денонощната активност на целевите на изследването видове. Посочени са съществуващите празнини в познанията за екологичните ниши на целевите видове в настоящото изследване, което служи като основа за поставените цели и задачи в дисертационния труд

III. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

Основната цел на настоящата дисертация е:

Установяване на основните параметри на трофичните, пространствените и времеви екологични ниши на вълка и неговите два вида жертви – дивата свиня и сърната в Осоговската планина.

Постигането на тези цели се осъществи чрез изпълнение на следните задачи:

1. Събиране на данни от фотокапани, поставени на територията на Осоговска планина между 2018 и 2020 г;
2. Събиране на екскременти от вълк по трансектния метод с цел установяване хранителният спектър му спектър;
3. Обобщаване на събраните данни в обща база данни;
4. Анализиране и обобщаване на постъпилите данни от фотокапаните чрез относителна честота на регистрацията и сравнителен анализ по брой локации, зони и видове.
5. Установяване на регистрираното обитание и моделиране на вероятността за обитание чрез статистически модели по видове;
6. Определяне на плътността на трите вида;
7. Определяне на денонощната активност на трите вида и нейното припокриване;

Формулирани са четири работни хипотези:

1). Вълкът в Осоговската планина е генералист и ловува опортюнистично на най-обилната плячка;

2). Двата вида жертви на вълка в Осогово променят своето обитание, за да избегнат райони с често присъствие на вълци, като по-голямо избягване се наблюдава при вида, който съставлява по-голяма част от храната на хищника;

3) Моделирането на обитанието на основата на по-голяма разделителна способност на изследването (по-голям брой фотокапани върху по-малка площ) дава по-точен резултат за вероятността за регистриране на вълка и видовете жертви, както и за вероятността на обитание на вълка;

4) Видът, който изпитва най-силен натиск от вълка (присъства най-значимо в храната му), ще го избягва времево;

IV. ТЕРЕН, МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

IV.1. Район на изследването – географски дадености

Поради местоположението си (строга гранична зона до 90те години на 20 век, с изградена защитна ограда тип „кльон“), Осогово има относително добре запазени местообитания и все още ниско антропогенно налягане. От друга страна, строгият граничен контрол до края на 80-те години определя Осогово като една от най-слабо проучените планини в България.

Осоговска планина представлява най-северния дял, на така наречената Осоговско-Бесишката планинска редица, като тя представлява и най-високата планина от този комплекс.. Общата площ възлиза на 4223 км², от които 996 км² представляват българската част. Най-високият връх на планината е връх Руен (2251 м).

Според климатичното райониране на България, Осоговска планина попада в Преходно-континенталната климатична подобласт на Европейско-континенталната климатична област. Тя е поделена на два климатични района (Събев и Станев, 1963): Рило-Осоговски нископланински климатичен район и типичен планински климатичен район.

Осоговска планина е изключително богата на извори и високопланински потоци. Извор има дори и непосредствено под връх Руен. От източните и североизточните склонове реките се вливат към река Струма, северните към Крива река, а южните – към река Брегалница. В планината има няколко основни почвени типове, които осигуряват богата растителна покривка: канелено–горски излужени почви (на около 800-900 м.), кафяво-горски почви (на 1000-2000 м.) и планинско-ливадни почви по планинските билни части (Велчев и др., 1982). Осогово представлява самостоятелен планинско-растителен район на Европейската горска широколистна област. Тук са обособени общо пет растителни пояса разпределени вертикално с изменение на надморската височина (Бондев, 1991): В Осоговската планина доминират евросибирските и европейските животински видове, докато средиземноморските се характеризират с относително малко видове животни (Пешев и др., 2004; Попов и др., 2007).

За разлика от други части на България, вълкът винаги е присъствал в планината (Genov et al., 1993). През 2003 г. по трансекти са регистрирани две малки (до 4 екземпляра) вълчи глутници (Zlatanova et al., 2005). Между 2016 и 2018 г. две глутници са регистрирани с фотокапани в същия регион – един от осем и един от четири индивида (Pорова et al., 2019 а). По-голямата глутница се запази целостта си до 2020 г. и след това.

В планината от 2018 до 2019 г. на около 2000 m надморска височина, в работния район на изследването екстензивно са отглеждани и стада коне (*Equus ferus caballus*), пасящи в големи заграждения с електрически огради. От 2012 г. насам в района на изследването не е установено пашуване на други домашни животни.

Целият район на изследване е на територията на Държавно ловно предприятие (ДЛС) Осогово, в държавните ловни райони, където ловът е организиран, целогодишен, но в малък мащаб за индивидуални ловци или малки ловни групи. Основна част от лова се извършва на територията на предоставените ловни райони на ловното стопанство, които са управлявани от ловни дружини. Основни ловни видове от бозайниците са дива свиня, сърна и вълк.

IV.2. Обекти на изследването

- Вълк (*Canis lupus Linnaeus, 1758*)
- Дива свиня (*Sus scrofa Linnaeus, 1758*)
- Сърна (*Capreolus capreolus Linnaeus, 1758*)

IV.3. Избор на методи и програми

IV.3.1 Теренни методи за събиране на данни

В настоящото изследване бяха събирани данни по два различни метода на надморска височина между 730 до 1390 m n.m.:

- Трансектен метод за събиране на екскременти от вълк за определяне на хранителният спектър;
- Метод на фотокапаните - фотокапани поставени в българската част на Осоговска планина между 2018 и 2020 г.

Трансектен метод

Пробите от екскременти бяха събрани през три последователни години (2018 - 2020) по трансекти, посещавани всеки месец от април до ноември. Трансектите бяха предварително подбрани въз основата на регистрираше следи от присъствие в предишни години и информация за простирането на границите на груповите участъци на двете наблюдавани глутници (Zlatanova et al., 2005). Същевременно тяхното местоположение беше съобразено с втория теренен метод за изследване – локациите на поставените фотокапани, както е посочено по-долу.

Както екскрементите, така и всички останали следи от жизнената дейност на вълка бяха отчитани в предварително изготвен стандартен формуляр за отчитане на присъствие по следи на трите вида едри хищници – мечка, вълк и рис, в Осоговската планина (Приложение 1).

Намерените проби бяха събирани в найлонови пликове с поставени етикети за дата на събиране, GPS координати, име на събиращия ги, цвят и старост на екскрементата и местообитание в което са събрани.

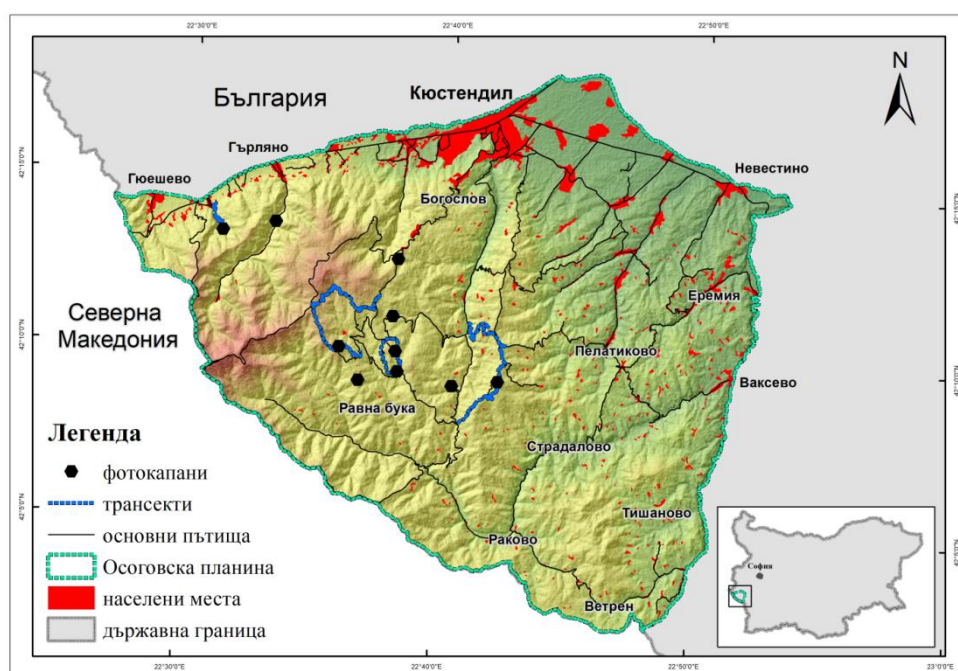
За целия период на проучване бяха събрани 127 екскрементата:

- 2018 - общо = 42, nпролет = 15, nлято = 2, nесен = 25;
- 2019 - общо = 25, nпролет = 11, nлято = 2, nесен = 11;
- 2020 - общо = 60, nпролет = 53, nлято = 6, nесен = 1;

Метод на фотокапаните

За прилагане на методът на фотокапаните беше използвано разнообразие от полеви дизайни на изследването.

В началото на 2016 г. в Осоговската планина са поставени 22 фотокапана по проект „Устойчиво бъдеще за хората и природата в Осогово“ и дейност „Разработване на трансгранична мрежа за мониторинг на едри хищници с участието на местни общности“. След приключване на проекта в началото на 2018 г. 10 от тези фотокапани са оставени на местата си (Фиг. 1). Трансектите за събиране на екскременти от вълк бяха така планирани, че да са в района на поставените фотокапани. Тези 10 фотокапана използвани за установяване на плътността на вълка, дивата свиня и сърната за периода от 2018 до 2020 г. на основата на моделиране.

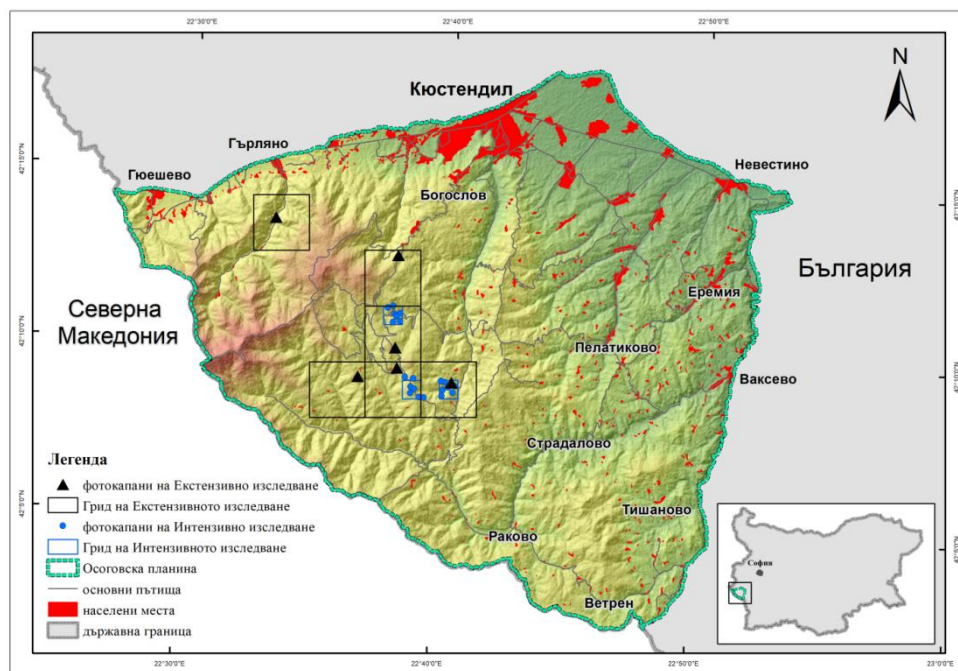


Фиг. 1 Карта на Осоговската планина (в българската част) с местонахождение на провежданите ежемесечни трансекти и локации на поставените фотокапани в изследването на хранителния спектър

Допълнително, фотокапани бяха използвани в две други проучвания, с различно теренно усилие и пространствено разпределение (Фиг. 3):

- *Екстензивно изследване* – в рамките на лятно-есения сезон на 2018 и 2019 г. шест фотокапана (модели Scoutguard, Keepguard, Cuddeback и Bestguarder) бяха поставени в самостоятелни клетки на грид с размери 3 x 3 км (общо 6 клетки). Този размер на грида беше използван като компромис, между честотата на поява на вълка, предвид големите групови участъци и засилената мобилност, които притежава и много по-малкия размер на груповите/индивидуалните участъци и по голямата уседналост на дивата свиня и сърната.
- *Интензивно изследване* – през периода 28 септември 2019 г. – 16 Май 2020 г. в същия район бяха поставени 21 фотокапана (модели WK5 A3, Bestguarder,

Scoutguard и Ltl Acorn) разпределени по седем в три клетки на грид с размери 1 x 1 км. Този период обхващаше част от периода и на Екстензивното изследване. По-малкия грид и по-големия брой фотокапани беше насочен към установяване на влиянието на локалната мобилност при дивата свиня и сърната върху обитанието. Трите клетки на грида по това изследване са включени в клетките на грида по Екстензивното изследване.



Фиг. 3 Поставени фотокапани и обхват на клетките на грида около тях по Екстензивното и интензивното изследване

За така използвания дизайн на изследването има следната обосновка: *Екстензивното изследване* се осъществи с малък брой фотокапани върху голяма площ, докато *Интензивното изследване* беше осъществено с голям брой фотокапани върху по-малка площ. Целта на този план беше, да се проследи дали ще се установят разлики в обитанието на целевите видове, при промяна на пространствения обхват на изследването. Интензивното изследване предполага събирането на по-голям брой данни при дивата свиня и сърната, поради по-малките им групови/индивидуални участъци. Същевременно, това предполага и по-голяма автокорелираност на данните, която може да окаже сериозно влияние върху обитанието. Ефектът на този подход за вълка в началото на изследването беше неизвестен.

Получените от фотокапаните данни бяха внесени и обработени с MS Access базираната програма Camera Base v.1.7 (Tobler, 2015). Тази програма позволява директното експортиране във подходящ формат за моделиране на обитание (Приложение 3).

IV.3.2 Методи за анализиране на събраните данни

Методи за анализ на хранителната ниша и наличие на предпочитания

Екскрементите бяха анализирани съгласно методиката, използвана от Kruuk и Parish (Kruuk et al., 1981). Всеки вид храна е представен като процент, като се използва седем-степенна скала (Kruuk et al., 1981) – от 0% - 5%, 6 - 25%, 26 - 50%, 51 - 75%, 76 - 95% и 100%. Данните бяха представени в резултатите, като честота на срещане ($F_i\%$) за всеки вид храна представляваща съотношението на количеството на всеки вид храна (n_i) в проценти към общия брой екскременти (N) (Lockie, 1959),

За изчисляване на популационната плътност бе използван Методът на Случайните Срещи (*Random Encounter Model - REM*) (Rowcliffe et al., 2008). Този метод е взиман от физиката, където е използван за изчисляване на плътност на частици и тук е модифициран за биологични обекти заснети от фотокапани.

Анализите на плътността са направени за вълка, дивата свиня и сърната спрямо годишните данни (за всяка от годините 2018, 2019 и 2020). Допълнително, това беше направено и по сезони, за пролет, лято и есен само за двата вида копитни. Регистрациите на вълка за всеки сезон не бяха достатъчни, за да отговорят на изискванията на REM модела. Зимата не беше взета предвид в анализите, тъй като през този сезон поради обилни снеговалежи в планината екскременти не бяха открити.

Установяване на активен избор на жертви при вълка

За определяне на предпочитанията на вълка към неговата плячка беше използван индексът на селективност по Ивлев (Ivlev, 1975),

Методи за анализ на пространствените ниши на вълка, дивата свиня и сърната:

Изчисляване на относителна честота на регистриране на целевите видове по фотокапани.

За оценяване присъствието на вълка върху пространственото разпределение на дивата свиня и сърната, беше сравнена *относителната честота на регистриране* (Detection Rate – DR) в клетките на грида без и с регистрации на вълк при двете изследвания – *Екстензивно* и *Интензивно*. Относителна честота представлява стандартизиран брой регистрации на целевите видове по фотокапани, взимайки под внимание разликата в продължителността на изследванията и преизчисляването им за 100 капаноденонощия.

Изследване на обитанието (occupancy) на целевите видове (MacKenzie et al., 2006)

За моделиране на обитанието в настоящото изследване беше избран подходът *един вид – един сезон* (*single species – single season*) (MacKenzie et al., 2017), който изисква допускане за затвореност на популацията за целия период на проучване.

Обитанието на видовете беше изчислена на две стъпки:

- **регистрирано обитание (naïve occupancy) Ψ (psi)** – това е абсолютна стойност при отчитане на обитанието, изразена с броя на локациите в който видът е регистриран, към общия брой локации.

Регистрираното обитание беше изчислено за дивата свиня и сърната за всяка извадка на Екстензивното (сезон / година) и Интензивното изследване. Тъй като събраните регистрации за вълка не бяха достатъчни за сезонен анализ и моделиране, за този вид беше изчислено само регистрираното обитание по години на Екстензивното и като цяло – на Интензивното изследване. За двата вида копитни, за които има по-големи извадки, беше извършен втора стъпка – моделиране на обитанието

- **Моделиране на обитанието.** При бозайниците често няма възможност за директно наблюдение и отчитане на множество видове, който въпреки че могат да присъстват, не се регистрират пряко поради отбягване на човека или безпокойство от негова страна (оставени миризми, шум други). Регистрираното обитание не взема под предвид *вероятността за откриване* на вида (detection probability - p и така много често подценява реалното ниво на заемане на местообитанията. *Вероятността за откриване* представлява вероятност за регистриране на вида ако той наистина присъства в района, изразена в интервала от 0 (липсва вероятност за регистрация) до 1 (100% вероятност за регистрация) и представена като десетични стойности.

Екологични променливи влияещи на обитанието (ковариати)

Освен нулевите модели (когато ψ и p са константа), като ковариати бяха избрани фактори определени на средата, за които се предполага, че оказват влияние върху видовете. Чрез тях беше направен тест, за силата и посоката на тяхното влияние в върху изработваните статистически модели.

Общо 29 ковариата бяха включени в процеса на моделиране – 26 за дивата свиня и 28 за сърната. Ковариатите бяха приложени към Ψ и p според познанията за екологичните изисквания на видовете. Тези ковариати бяха избрани след преглед на публикуваната литература, където се посочват като важни фактори при избора на местообитанията (и обитанието като цяло) и при вероятността за регистриране на видовете. Избраните ковариати се отнасят към абиотичните (представени като осреднени стойности на непрекъснати данни) и биотичните характеристики на местообитанията.

За извличане на абиотичните и част от биотичните ковариати (дървесна покривка) беше използван ArcGIS Desktop v.10.2.2 (ESRI) и приложението SDM Toolbox v2.5 за ArcMap10.

За процеса на моделиране на обитанието беше използвана програмата Presence v.12.7 (Hines, 2006). За класиране на моделите беше използван информационния критерий на Акаике, коригиран за малък размер на извадката (AICc). Беше прието, че моделите имат силна подкрепа когато $\Delta AIC < 2$ (Caruso et al., 2018). Този подход предполага, че ковариатите на този набор от кандидати добре предсказват зависимите от тях променливи Ψ и p . За всички модели с $\Delta AIC < 2$ бяха изчислени общите кумулативни тегла.

Методи за анализ на циркадната активност на трите вида

За анализ на циркадната (денонощна) активност и нивото на препокриване на активността на трите вида беше използван програмния език R (v.4.1.1), софтуера RStudio и пакетът *overlap* (Meredith et al., 2016). Този пакет използва непараметричния метод за оценка на плътността на регистрациите *kernel density estimation* (KDE). Резултатът от тази оценка е коефициент за степента на припокриване в денонощната активност на изследваните видове. Коефициентът варира от 0 (пълно разминаване на активността) до 1 (пълно припокриване) (Ridout et al., 2009).

За изследването на активността бяха взети в предвид всички събрани данни за периода 2018 – 2020 г. Чрез кернел метода са направени четири анализа на денонощната активност на целевите видове: 1). сравнение на активността на видовете по години; 2). сравнение на активността на видовете през летния и зимния сезон; 3) сравнение на трите вида през периодът от 29.09.2019 г. до 17.05.2020 г. 4). сравнение за активността на видовете през целият период на изследването – 2018-2020 г. Получените резултати бяха тълкувани само по часове, в оглед разликите в продължителността на деня през различни части от годината, които изместват периодите на сумрак.

V. РЕЗУЛТАТИ

V.1. Хранителен спектър на вълка и индекс на селективност при изборът му на жертви в Осоговска планина

Резултати от хранителния анализ

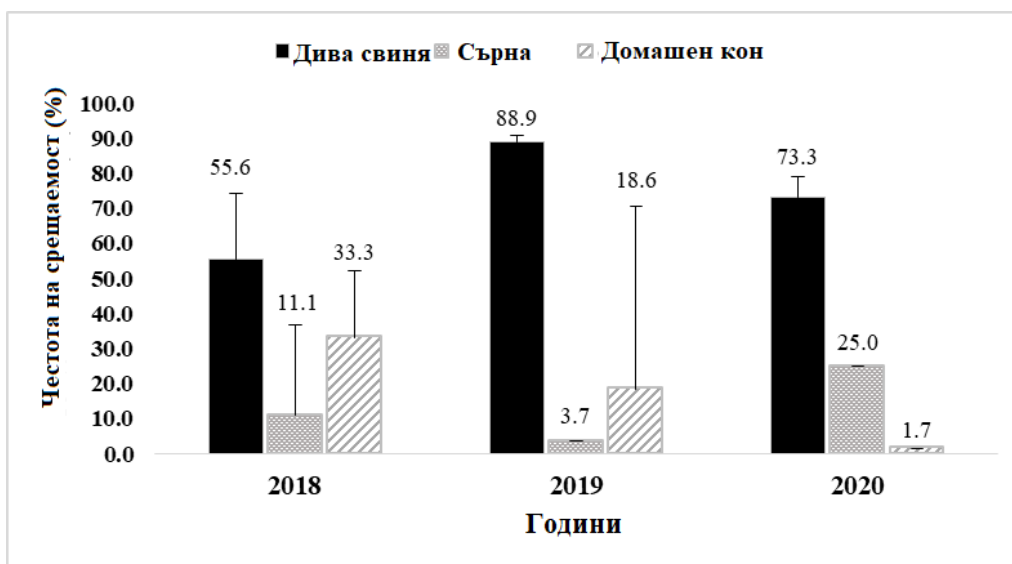
В събраните екскременти бяха открити само три вида храна, всички от животински произход - дива свиня, домашен кон и сърна. Не са открити растителни компоненти, антропогенни елементи или други хранителни източници.

Дивата свиня е най-предпочитана сред вълчата плячка в Осогово и през трите години на изследването, докато сърната има много по-малък, дори незначителен дял (Фиг. 6). По време на първите две години от изследването, втори по значимост като жертва е домашният кон. Високият му процент присъствие в храната на вълка се дължи на недостатъчни грижи от страна на собствениците на конете през тежката зима на 2018 – 2019 г.

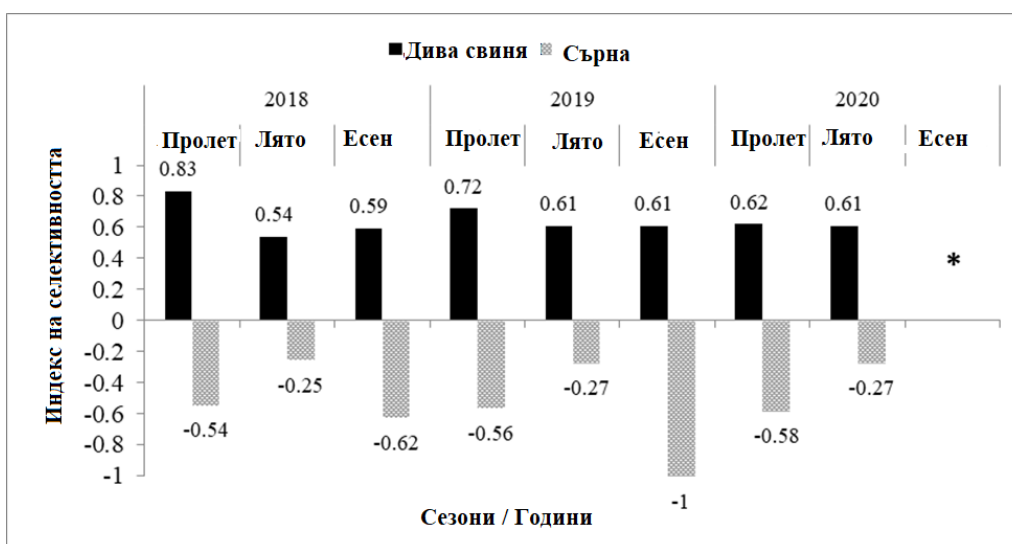
Индекс на селективност на вълка към дивите жертви

Индексът на селективност показва явна отрицателна стойност за предпочитанията на вълка към сърни - годишно и по сезони (Фиг. 8), така въпреки няколко пъти по-голямата плътност, сърната не е предпочитана от вълците. През есента предпочитанието на вълка към дивата свиня беше най -голямо.

Относителната честота на група на клетките на грида при Екстензивното изследване за двете години варира между 0 – 3,3 за вълка, 0 – 34,06 за дивата свиня и 0 – 54,94 за сърната. При Интензивното проучване стойностите за вълка са сходни (0 – 3,45), но са по ниски за дивата свиня (0,43 – 11,64) и сърната (0,86 – 42,67).



Фиг. 6 Честота на срещане на видовете попадащи в хранителния спектър на вълка в Осоговска планина за периода от 2018 до 2020 г. (данните са представени в % със стандартно отклонение)

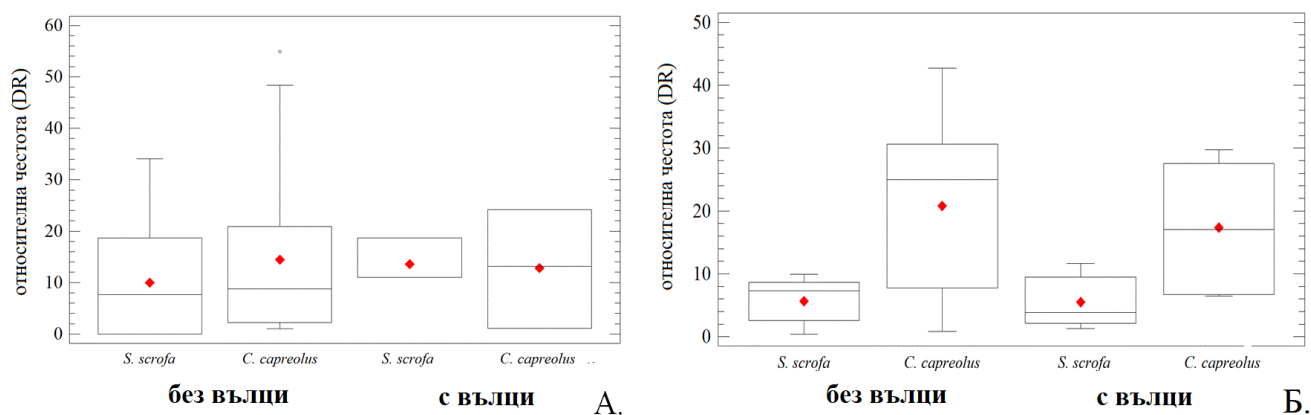


Фиг. 8 Изборът на плячка на вълка, представен като индекс на селективност по години и сезони. За есента на 2020 г. данните не бяха взети предвид, поради ниския размер на извадката (намерен е само един екскремент).

и в

Сравнението на DR за клетки на грид с и без вълци (фиг. 10) показва, че размахът на DR и средната стойност са сходни за сърната и за двете проучвания (обширно и интензивно). В Екстензивното проучване относителната честота на регистриране на дивата свиня е по-малко хетерогенна в клетките на мрежата без вълк.

T-тестът за средните стойности и W-тестът на Mann-Whitney (Wilcoxon) върху медианите не показва значителна разлика между двете групи (мрежови клетки със и без вълци) в нито едно от двете проучвания.



Фиг. 10 Обхват на относителната честота (DR) при сравнение на клетки на грида с регистрация на вълци и без присъствие на вълци за Екстензивното (А) и Интензивното изследване (В).

С ромб са означени средните стойности, хоризонталната линия – медианата, кутиите – интерквартилен размах, незапълнени точки – отскачащи стойности

У.3. Обитание и плътност на вълка и неговите жертви в Осоговска планина

Затвореност на популациите

Продължителността на затворените периоди показва хетерогенност по видове и сезони, вариращи между 26 до 93 дни за дивата свиня и 21 до 82 дни за сърната. През лятото затворените периоди на популациите са много по-кратки, отколкото през есента и началото на зимата. Затворените периоди в популацията са най-дълги при вълка (233 дена), надвишават тези на жертвите му повече от два пъти и обхващат целите периоди на изследване.

Обитание на вълка, дивата свиня и сърната

Вълк

През 2018 г. вълкът е регистриран само на една локация, което дава оценка на регистрираното обитание като $\psi = 0,17$. През 2019 г. видът е регистриран в три от шестте локации, с оценка на регистрираното обитание $\psi = 0,50$.

За Интензивното проучване от 28 септември 2019 г. до 16 май 2020 г. вълкът е регистриран в девет от 21-те места, което представлява регистрирано обитание от $\psi = 0,43$. За трите грида 1 x 1 км поотделно, регистрираното обитание ψ е съответно 0,29, 0,57 и 0,43. Вероятността за откриване (p) на вълка е много ниска – 0,005 през 2018 г., 0,03 през 2019 г. и 0,10 в периода 28 септември 2019 г. – 16 май 2020 г.

Дива свиня

По време на Екстензивното проучване, през лятото и есента на 2018 г. и лятото и есента на 2019 г. (Табл. 6) дивата свиня е наблюдавана при четири от шестте локации, което доведе до еднаква оценка на регистрираното обитание ($\psi = 0,66$), както за сезоните, така и за годините. По време на Интензивното проучване регистрираното обитание е $\psi = 1$.

Вероятността за откриване е изненадващо ниска (в диапазона 0,00 – 0,27) за всички проучвания, като най-високият максимум е регистриран през лятото на 2019 г. (0,27), а най-ниският максимум е регистриран през есента на 2019 г. (0,11). Въпреки по-интензивното регистриране от повече фотокапани на по-малка площ при Интензивното проучване (28 септември – 30 декември 2019 г. – общо 21 камери на 3 км²), вероятността за откриване не е по-висока (0,17), отколкото при Екстензивното изследване.

На основата на 21 разработени модела (**Приложение 7**), вероятността за обитание през лятото ($\Psi = 0.73$) и есента ($\Psi = 0.77$) на 2018 г. е най-добре определена от два от тях (Табл. 7), със сумирана тежест от 71% за лятото и 63% за есенния период. Обитанието за летния период на 2019 г. ($\Psi = 0.92$). е най-добре определено при четири от тях с тежест от 79%, докато само два модела обуславят обитанието на вида през есента на 2019 г. ($\Psi = 0.73$), с 66% тежест.

По време на интензивното проучване за периода 28 септември – 30 декември 2019 г. дивата свиня е наблюдавана във всичките 21 места, което представлява 100% регистрирано обитание ($\Psi = 1$). Въз основа на 22 разработени модела (Приложение 7), вероятността за обитание ($\Psi = 1$) се определя най-добре само от един модел (Табл. 7) със ниска тежест (46%). Присъствието на вълка не се счита за важен фактор, формиращ обитанието на дивата свиня (Табл. 7, **Приложение 7**).

Табл. 7 Резултати от моделите описващи обитанието на дивата свиня. Представени са само модели с $\Delta AIC \leq 2$. Пълните резултати от моделирането могат да бъдат намерени в Приложение 7.

Модел = първите скоби съдържат ковариати към Ψ (psi), вторите – към p , точките в скоби означават постоянни параметри (нулев модел); **Ефект** – положителна или отрицателна асоциация на ковариата към Ψ или p ; **ΔAIC** = относителна разлика в стойностите на AIC между всеки модел и модела с най-висок клас в момента (този с най-малък AIC); = брой оценени параметри в модела; AIC_{ω} = тегло на Akaike като мярка за подкрепа за всеки модел; **ΣAIC_{ω}** – сума от тежестта за всички модели с $\Delta AIC < 2$.

				#Пар.		
Екстензивно/ лято 2018	$\Psi(\cdot), p(\text{camera angle})$	-	0.00		0.378	
	$\Psi(\text{Ave_DEM}), p(\cdot)$	-	0.27		0.330	
Екстензивно/ есен 2018	$\Psi(\text{Ave_DEM}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.387	0.630
	$\Psi(\cdot), p(\text{camera placement})$	+	0.93	3	0.243	
Екстензивно/ лято 2019	$\Psi(\text{road density}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.3077	0.790
	$\Psi(\cdot), p(\text{camera flash})$	+	0.58	3	0.2303	
	$\Psi(\cdot), p(\text{visibility})$	-/+	1.75	4	0.1283	
	$\Psi(\cdot), p(\text{camera detection})$	+	1.99	3	0.1138	
Екстензивно/ есен 2019	$\Psi(\text{Ave_DEM}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.420	0.656
	$\Psi(\cdot), p(\text{camera angle})$	-	1.15	3	0.236	
Интензивно/ 28.09 – 30.12. 2019	$\Psi(\cdot), p(\text{camera placement})$	+	0.00	3	0.459	0. 459

Сърна

По време на екстензивното проучване, през лятото, есента на 2018 г. и лятото на 2019 г. сърната е била наблюдавана при пет от шестте локации, което е довело до оценка на регистрираното обитание от $\psi = 0,83$. През есента на 2018 г. регистрираното обитание е $\psi = 1$, тъй като видът е регистриран на всички места. По време на Интензивното изследване регистрираното обитание е много ниско - $\psi = 0.19$.

Вероятността за откриване е малко по-висока, отколкото при дивата свиня, варираща от 0,00 до 0,43. Най-високият максимум (0,43) е регистриран през лятото на 2018 г., а най-ниският максимум (0,09) е регистриран през есента на 2018 г. Вероятността за откриване за периода 28 септември – 3 декември 2019 г. (0,32) е подобна на тази на първото проучване

При разработени 23 модела (Приложение 7), вероятността за обитание на сърната през лятото ($\psi = 0.84$) и есента ($\psi = 0.83$) на 2018 г. е най-добре определена от пет от тях (Табл. 8), с тежест съответно – 74% за лятото и 77% за есенния период. Обитанието за летния период на 2019 г. ($\psi = 0.83$) е най-добре определено от три модела, с 59% тегло, докато само един модел обуславя обитанието на вида през есента на 2019 ($\psi = 0.66$), с 66% тежест.

Табл. 8 Резултати от моделите описващи обитанието на сърната. Представени са само модели с $\Delta AIC \leq 2$. Пълните резултати от моделирането могат да бъдат намерени в Приложение 7.

Модел = първите скоби съдържат ковариати към $\Psi(\psi)$, вторите – към p , точките в скоби означават постоянни параметри (нулев модел); **Ефект** – положителна или отрицателна асоциация на ковариата към Ψ или p ; **ΔAIC** = относителна разлика в стойностите на AIC между всеки модел и модела с най-висок клас в момента (този с най-малък AIC); = брой оценени параметри в модела; **AIC_w** = тегло на Akaike като мярка за подкрепа за всеки модел; **ΣAIC_w** – сума от тежестта за всички модели с $\Delta AIC < 2$.

Екстензивно/ лято 2018	$\Psi(\cdot), p(\text{camera placement})$	+	0.00	3	0.208	0.740
	$\Psi(\text{road density}), p(\cdot)$	-	0.88	3	0.134	
	$\Psi(\text{Ave_TRI}), p(\cdot)$	-	0.88	3	0.134	
	$\Psi(\text{dist_f_stations}), p(\cdot)$	-	0.88	3	0.134	
	$\Psi(\cdot), p(\text{camera angle})$	-	0.94	3	0.130	
Екстензивно/ есен 2018	$\Psi(\text{Ave_TRI}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.1758	0.768
	$\Psi(\text{road density}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.1758	
	$\Psi(\text{dist_f_stations}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.1758	
	$\Psi(\cdot), p(\text{camera detection})$	-	0.29	3	0.152	
	$\Psi(\cdot), p(\text{camera flash})$	-	1.36	3	0.089	
Екстензивно/ лято 2019	$\Psi(\text{Ave_TRI}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.1958	0.587
	$\Psi(\text{road density}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.1958	
	$\Psi(\text{dist_f_stations}), p(\cdot)$	-	0.00	3	0.1958	
Екстензивно/ есен 2019	$\Psi(\cdot), p(\text{camera detection})$	-	0.00	3	0.661	0.661

Интензивно/ 28.09. – 3.12. 2019	$\Psi(\cdot), p(\text{camera speed})$	+	0	3	0.193	0.443
	$\Psi(\text{dist_f_stations}), p(\cdot)$	-	0.48	3	0.152	
	$\Psi(\cdot), p(\text{dog presence})$	+	1.36	3	0.098	

По време на Интензивното проучване за периода 28 септември – 3 декември 2019 г. сърната е наблюдавана в 20 от 21 места, което представлява 95% оценка на регистрираното обитание ψ . Въз основа на 24-те модела (Приложение 7), вероятността за обитание ($\Psi = 0.95$) се определя най-добре от три модела с ниска кумулативна тежест (44%) (Табл. 8).

Както и при дивата свиня, присъствието на вълка не се отчете като важен фактор, определящ обитанието на сърната (Табл. 8, Приложение 7)

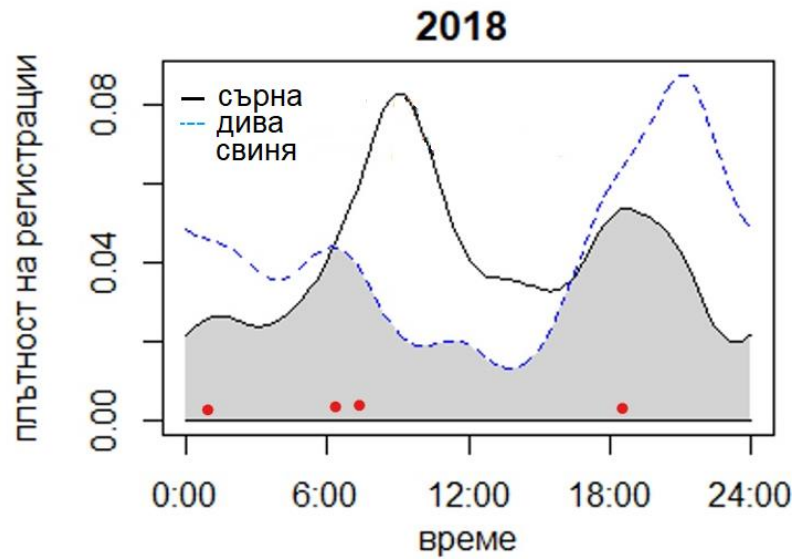
V.4. Циркадна (денонощна) активност на вълка и неговите жертви в Осоговска планина

Обща активност на годишна основа

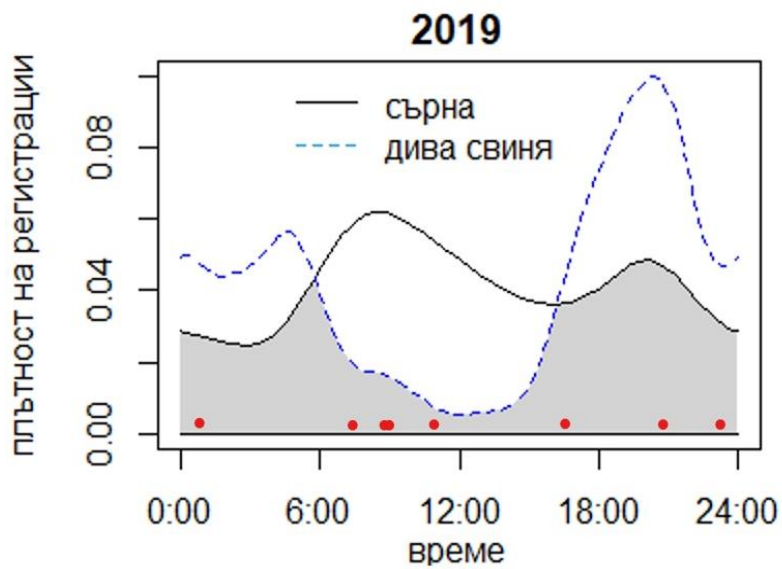
През 2018 г. всички регистрации на дивата свиня ($n=136$) и сърната ($n=234$) показват 70 % припокриване на активността им ($\Delta = 0.70$, доверителен интервал 0.62 - 0.79) (Фиг. 10). За разглежданият период са отчетени четири независими регистрации на вълк, което е недостатъчно за създаване на кернел модел на разпределение на точките по плътности.

През 2019 г. дивата свиня ($n=159$) и сърната ($n=211$) показват 62 % припокриване на активността си ($\Delta = 0.62$, доверителен интервал 0.54- 0.70) (Фиг. 11). За разглежданият период са отчетени осем независими регистрации на вълк, което не позволява изграждане на модел на разпределение на плътността на точките.

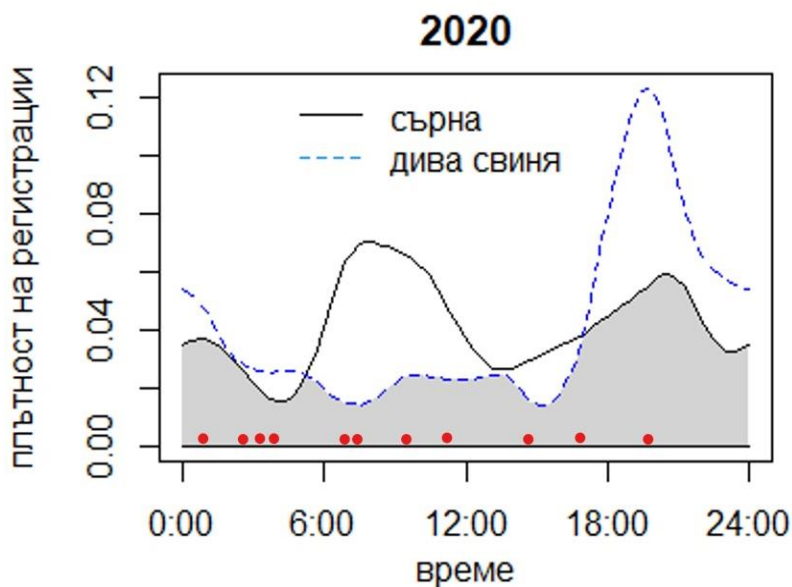
През 2020 г. дивата свиня ($n=171$) и сърната ($n=160$) показват 68 % припокриване на активността си ($\Delta = 0.68$, доверителен интервал 0.60 - 0.78) (Фиг.12). За разглежданият период са отчетени 11 независими регистрации на вълк, което отново не позволи изготвяне на кернел с разпределение на плътностите на регистрации.



Фиг. 10 Циркадна активност и ниво на припокриване при дивата свиня и сърната през 2018 г.
Отчетените регистрации на вълк са посочени с червени точки.



Фиг. 11 Циркадна активност и ниво на припокриване при дивата свиня и сърната през 2019 г.
Отчетените регистрации на вълк са посочени с червени точки.



Фиг. 12 Циркадна активност и ниво на припокриване при дивата свиня и сърната през 2020 г.
Отчетените регистрации на вълк са посочени с червени точки.

Сезонност на активността

За летните периоди на изследването (2018, 2019 и 2020 г.) дивата свиня и сърната показаха съответно 70% (Фиг.13), 55 % (Фиг.15) и 65% (Фиг.17) припокриване на активността си. За есенните сезони на изследването (2018, 2019 и 2020) дивата свиня и сърната показаха 52 % (Фиг.14), 67 % (Фиг.16) и 67% (Фиг. 18) припокриване на активността си.

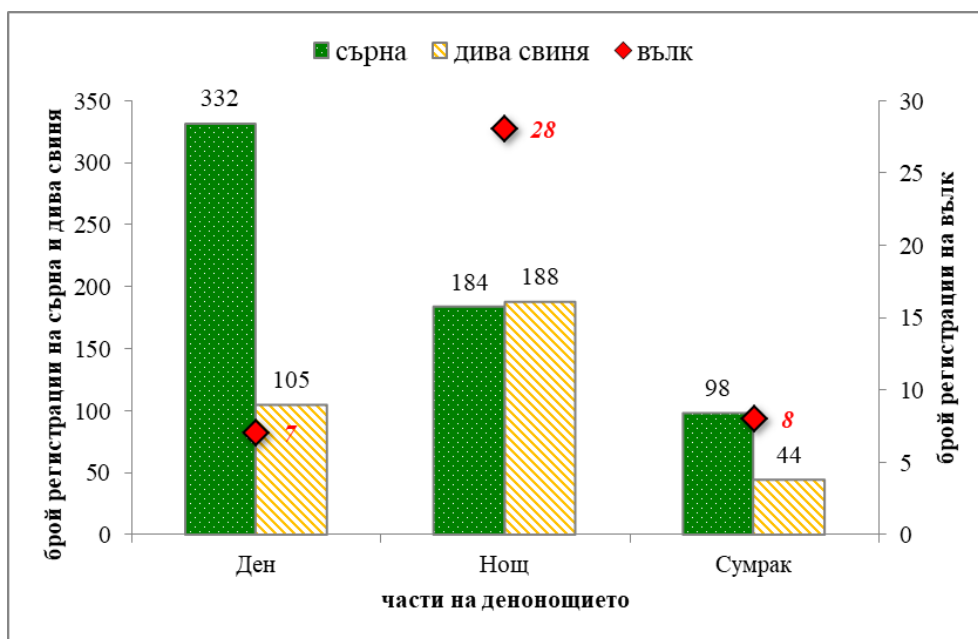
Интензивното изследване предоставя най-много данни на вълка за по-сериозен анализ на припокриването на активността му с тази на двата вида жертви. За периода от 28.09. 2019 г. до 17.05.2020 г. (Фиг. 19), дивата свиня (n=273) и сърната (n=976) показват 70 % припокриване на активността си. Вълка (n=23) и сърната (Фиг. 20) припокриват активността си 61 %, а вълка и дивата свиня (Фиг. 21) – на 57 %.

Модели на активност (дневна, нощна и сумрачна активност)

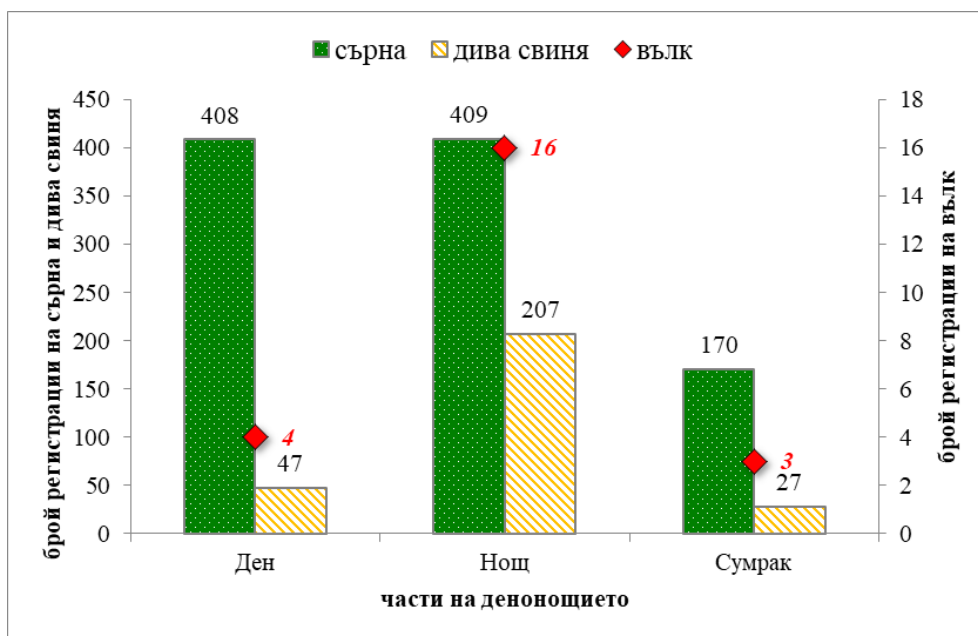
За периода 2018 – 2020 г.(Фиг. 22) сърната в Осоговската планина показва предимно дневна активност (n=332), почти два пъти по-малко нощна (n=184) и почти три пъти по малко сумрачна активност (n=98). Активността на дивата свиня е предимно нощна (n=188) и по-малко дневна (n=105). Най-малко регистрирана е сумрачната активност (n=44). Нощната активност на сърната и дивата свиня са почти сходни като брой независими регистрации. Вълкът, независимо от малкото на брой регистрации, показва преобладаващо нощна активност (n=28) и почти равен брой дневна (n=7) и сумрачна активност (n=8).

Интензивното изследване показва значително по-различна картина (Фиг. 23). Докато дивата свиня потвърждава предимно нощната си активност (n=207) и дори още по-ниска дневна (n=47) и сумрачна активност (n=27), сърната показва почти еднакво количество дневна и нощна активност (408 към 409 регистрации съответно). Сумрачната активност е отново на трето място, почти два пъти по-ниска от дневната и нощната. При

вълка се наблюдава същото разпределение – отчетливо нощна активност (n=16) и почти равен брой дневна (n=4) и сумрачна активност (n=3).



Фиг. 22 Денонощна активност разпределена на дневна, нощна и сумрачна според независимите регистрации отчетени за всичките 22 фотокапана разположени на територията на Осоговска планина (2018-2020 г.).



Фиг. 23 Денонощна активност разпределена на дневна, нощна и сумрачна според независимите регистрации отчетени по време на Интензивното изследване на територията на Осоговска планина

VI. ОБСЪЖДАНЕ

Разглеждането на екологичните ниши на един хищник и неговите жертви от различни страни дават важна информация за взаимодействието на различни фактори на средата.

VI.1 Хранителен спектър на вълка и индекс на селективност при изборът му на жертви в Осоговска планина

Анализирането на връзката хищник-плячка въз основа на разностранни обективни данни е жизненоважно, както за опазването на всички засегнати видове, така и за разрешаване на конфликта с ловците за правото върху плячката. И все пак повечето от съвременните проучвания обикновено включват само хранителни анализи чрез изследване на екскременти или стомашно съдържимо (Zlatanova et al., 2014; Newsome et al., 2016).

В някои проучвания, където данните за числеността или относителната плътност са взети предвид, тези данни обикновено са извлечени от ловни таксации (Okarma, 1995; Генев и др., 2008; Meriggi et al., 2015; Mengüllüoğlu et al., 2019). Този подход е много неточен и включва трудно предвидими отклонения от истинското състояние, без възможност за измерване на грешката при несигурност в данните.. Много малко проучвания са използвали методи за събиране по-обективни данни за изобилието на копитни животни, като например брой на групи екскременти (*faecal pellet group counts*) (Sin et al., 2019).

Сравнението на резултатите получени в настоящото изследване с публикуваните данни храненето на вълка в съседните страни показва сходства с Румъния (Sin et al., 2019), Турция (Mengüllüoğlu et al., 2019) и Хърватия (Ostenjak et al., 2020). В тези страни, въпреки наличието на други копитни видове като потенциални жертви (благороден елен, елен-лопатар и дива коза), дивата свиня продължава да доминира (годишно и сезонно) в хранителния спектър на вълците.

Най-голямо предпочитание на вълка към дивата свиня (88,9%) е изразено през есента, когато прасенцата от същата година и едногодишните свине формират по-голям дял от храната на вълка (Mattioli et al., 2004; Sin et al., 2019). Все още високо, но по-малко е това предпочитание през пролетта (71%), когато вълкът не само ловува на коне, но и се храни с трупове, изложени извън снега след зимната смъртност. През лятото спадът на това предпочитание е допълнен с по-голям дял от кон и сърна. Сърната може лесно да бъде ловувана по време на размножителния сезон (юли до средата на август в Осогово) поради по-голямата си видимост и по-малка бдителност, особено на мъжките индивиди..

Анализът на селективността при храната е необходим, за да се потвърди дали резултатите от проучването в Осогово се дължат на опортюнизъм на вълка, основана на предпочитание към най-разпространените видове (*аностатичен избор - apostatic selection*), или е активен избор, основан на предпочитание към по-малко изобилна плячка (*анти-аностатичен избор - anti-apostatic selection*) (Yearsley, 2003). Индексите на селективност, които очертават годишните и сезонните предпочитания

потвърдиха второто – активния избор на вълка към дивата свиня. Въпреки че относителната плътност на сърната е значително по-висока от тази на дивата свиня и относително по-висока в сравнение с други изследвания, проведени и в България (Popova et al., 2019 b), така и в други европейски страни (Jędrzejewska et al., 1997; Ansoorge et al., 2006; Iannuzzo et al., 2010), тя не е предпочитана от вълка в Осогово.

Сравнението на настоящото проучване с предишно такова, отнасящо се за хранителния спектър на вълците в Осогово през периода 2002-2003 г. (Stancheva, 2004) показва значителна разлика – тогава се наблюдава пълно доминиране на сърната (71,9%). Освен това, там се наблюдават и много по-разнообразни хранителни компоненти – дива свиня (9,4%), мишевидни гризачи (9,4%), белка *Martes foina* (1,5%), див заек *Lepus europaeus* (1,5%), както и домашно куче *Canis familiaris* (4,7%), копитни домашни животни (овце, кози и телета - 9,3%), дори плодове, като джанки (*Prunus cerasifera*) и дренки (*Cornus mas*) - около 10%. Това е в съответствие с констатациите от изследване проведено в Италия (Meriggi et al., 1996) стигащо до заключението, че ширината на хранителната ниша се увеличава с намаляването на присъствието на едра плячка в хранителния спектър.

За 2002 и 2003 г. няма налични обективни данни за обилието на дивите копитни, например от фотокапани или преброяване на купчинки с екскременти. Според ловните таксации за този период, броят на дивите свине е бил два пъти по-голям от този на сърната. Това показва отново избор с анти-апостатичен, активен характер (Yearsley, 2003). Причината за анти-апостатичния избор на вълка се основана на хипотезата, подкрепена от много автори, че по-големите глутници се формират за лов на по-големи животни, тъй като по-голяма група улеснява улавянето на плячка с по-голяма биомаса. Това предположение обаче е оспорено от едно изследване (Schmidt et al., 1997) което не открива доказателства, че увеличеният размер на глутницата води до повишаване на количеството храна за всеки член на глутницата. Нещо повече, тази публикация прави два основни сериозни извода:

1. Съществува обратна връзка – увеличаването на размера на глутницата води до по-малко храна, която се пада на вълк;

2. Според много изследвания единичните вълци могат да убият сами дори много едра плячка като лос и бизон. Освен това, дори и в големи глутници, тази, която извършва акта на убиване на жертвата е един или и двамата от алфа двойката.

В такъв случай, това несъответствие между по-голяма глутница и по-малко храна на вълк е оправдано поради друга причина. Смята се, че по-големи глутници възрастните двойки споделят, както опита с потомството си, така и храната, дори и да е по-малко, като по този начин увеличават максимално шансовете за оцеляване на новото, по-многобройно поколение (*kin-selection theory*).

Така че причината за анти-апостатичния избор (и разликата в предпочитанията на вълка през 2002-2003 и 2018-2020) най-вероятно не е свързана с големината на жертвите, а по-скоро с преминаване към други алтернативни източници на жертви, поради изчерпване на основната плячка (Yearsley, 2003). Това преминаване не става веднага, а са необходими поколения, преди съществуващия изграден „образ на потенциалната

плячка“ се промени. Разглеждайки динамиката на копитните и вълка, (според единствения наличен източник - официалната таксация) броят на сърните в ДЛС „Осогово“ никога не е намалявал, дори те показват малко, но постоянно увеличение от 2002 г. Такава е и статистиката за дивата свиня – при нея се забелязва стабилна численост. Това обаче, както беше казано по-горе е възможно да не отговаря на истината, поради начина по който се събират таксационните данни. Сравнението на относителната плътност на трите вида чрез REM модела и по таксация показва надценяване на относителната плътност на вълка и дивата свиня по таксация. И двата вида са от по-голям стопански интерес – вълкът като конкурент за дивеча при ловците, а дивата свиня е основен ловен обект в Осогово.

По-вероятно обаче, превключването към сърна установено в по-ранното изследване да се дължи на промяна случила се през 70-те до 90 -те години на миналият век. Тогава, планината не е била част от държавна ловна структура и така копитните не са били под активна защита, каквато обикновено осигуряват ловните стопанства. Поради бързите политически и социални промени след 1989 г. браконьерството е било широко разпространено в планината, като е засягало предимно едрия дивеч, като например дивите свине. След създаването на ДЛС „Осогово“ през 1996 г. се отбелязва постепенно, но постоянно увеличаване на броя на копитните, което позволява по-естествен подбор на плячка от страна на вълка.

VI.2. Обитание на вълка и неговите жертви

Непрекъснатото разпространение на много видове всъщност се състои от силно фрагментирани зони на обитание, които се определят от множество фактори. Заемането на местообитанията от даден вид често зависи не само от абиотичните фактори на околната среда, но също така е свързано с наличието или отсъствието на други видове, с които те взаимодействат (Coleman et al., 2014). Наред с тези фактори, антропогенните променливи също оказват значително влияние върху обитанието на много видове.

Фотокапаните, макар и широко използвани, досега рядко се използват за анализи на обитанието на целевите на настоящото изследване видове, с малки изключения за дивата свиня (Caruso et al., 2018) и сърната (Oberosler et al., 2017) . Повече анализи на обитанието се основават на признаци за присъствие на вълка (Markov et al., 2005; Rich et al., 2013; Louvrier et al., 2018) и дивата свиня (Morelle et al., 2016; Barros et al., 2020).

Затвореност на популациите

Анализите на времевите периоди през които популациите са били затворени в настоящото изследване показаха, че вълкът, като социален хищник, има по-малко динамично развитие на популацията, което води до два до три пъти по-дълги затворени периоди от тези на неговата плячка.

Затворените периоди на сърната и дивата свиня показаха интересна закономерност – тези периоди през лятото бяха много по-кратки (повече от три пъти за дивата свиня през 2019 г. и за сърната през 2018 г.) от тези през есента.

Причината за това може да се търси в биологията на видовете (Генов, 2013) – висока подвижност на женските сърни през размножителния период, което води до

напускане на района или по-висока подвижност на групите женски диви прасета като предпазна мярка за прасенцата от хищниците. Друга правдоподобна хипотеза е увеличеното хищничество от вълка поради по-високите хранителни нужди на глутницата, заради изхранването на новородените малки вълчета през пролет, което естественото и постепенно намалява, с отпадане на част от потомството до края на първата им година, което пък води до намален хищнически натиск над копитните. Тези възможни хипотези бяха подложени на допълнителен кръстосан анализ по-долу с получените резултати от изследването на обитанието на целевите видове.

Обитание на целевите видове

Вълкът, дивата свиня и сърната се срещат в Осоговска планина с относителна плътност, съпоставима с относителната плътност в държави, които поддържат наситени популации. И все пак, както беше споменато по-горе, досега изследванията на обитанието на целевите на настоящото изследване видове посредством фотокапани са оскъдни, особено за вълка, което затруднява сравнението с други публикувани данни.

Голямата разлика във вероятността за откриване на вълка между Екстензивното и Интензивното проучване не доведоха до по-висока оценка на обитанието по време на Интензивното проучване, а по-скоро дадоха сходен резултат. Вследствие на това се оформи заключението, че поставянето на фотокапани с цел за анализиране на обитанието на вълците, от гледна точка на ограниченията от финанси, време и човешки изследователски ресурси, може да се проведе успешно и в по-малки мащаби (един фотокапан на 3-5 км), въпреки изключително ниската вероятност за откриване поради големите по групови участъци, обитавани от вида. Тази констатация може да има методологични последици при планирането и провеждането на такива проучвания.

Вероятността за откриване на дивата свиня в настоящото изследване през лятото е средно 0,24. Това е малко по-ниско от докладваните в единствените открити публикувани данни за лятната обитаемост на вида (0,30), въз основа на изследване проведено с фотокапани в Аржентина (Caruso et al., 2018). Вероятността за откриване на сърната в настоящото проучване през летния период ($\rho_{\text{средно}} = 0,43$ през 2018 г. и $\rho_{\text{средно}} = 0,36$ през 2019 г.) беше подобна на резултатите получени при проучване планински район на провинция Тренто, Италия ($p = 0,42$), в (Oberosler et al., 2017), където условията на местообитанията са близки до тези в Осоговската планина. Вероятността за обитание също е сходна ($\Psi = 0,84$) през 2018 г. и ($\Psi = 0,83$) през 2019 г. в Осогово на тази в Тренто ($\Psi = 0,83$).

Дивата свиня и сърната в планина Осогово проявяват сходство при сравняване на средната вероятност за обитание за сезон. $\Psi_{\text{лято}}$ е малко по-високо от $\Psi_{\text{есента}}$ (0,83 срещу 0,75 за дивата свиня и 0,84 срещу 0,75 за сърната). Като се има предвид, че затворените периоди се оказаха много по-кратки през лятото, отколкото през есента, популациите може да са станали отворени поради допълване, а не поради загуби. Това твърдение е подкрепено и от относителната плътност на двата вида, която е значително по-висока през лятото, отколкото през есента. Така че този резултат отхвърля по-ранното предложение, че причината за разликите в периода на затвореност е вследствие на хищнически натиск.

Сравнението на регистрираното обитание и вероятността за обитание по модела в екстензивното проучване за дивата свиня показва, че регистрираното обитание е с по-ниска стойност (0,66 срещу 0,83). При сърната обаче това има сходни стойности (0,83 срещу 0,82). Малко по-ниската моделирана стойност на обитанието за сърната е резултат от осредняването на модела и подсказва, че при този вид се наблюдават по-сериозни сезонни флуктуации.

Сравнението между средната стойност на моделираното обитание при Екстензивното и Интензивното проучване показва по-високи стойности за Интензивното проучване (0,83 срещу 1) при дивата свиня и сърната (0,82 срещу 0,95). Тези по-високи стойности може да се дължат на автокорелирани или свръхпредставени данни, събрани от продължителен престой и множество повтарящи се регистрации на едни и същи индивиди в протежение на времето. За да се избегне това е препоръчително да се използва по-големи клетки на грида и по-малко фотокапани поставени в тях (обикновено един е достатъчен).

Моделирането на обитанието посочи няколко общи ковариати за двата копитни вида в Осогово – един (плътност на пътната мрежа), свързан с Ψ и четири (свързани с различни аспекти на моделите на фотокапаните), свързани с ρ . Плътността на пътната мрежа винаги повлиява отрицателно обитанието на двата вида. Горските пътища осигуряват по-бърза връзка с предпочитаните от животните райони в планината, но не осигуряват прикритие. Видимостта се простира на голямо разстояние, а пътищата са основният използван маршрут от вълка през тъмната част от денонощието. Характеристиките на различните модели фотокапани, които оказват значително влияние върху откриваемостта и на двата вида копитни са ъгълът на заснемане, разстоянието на детекция (обсег на активиране на сензорите), обхвата на светкавицата и местоположението на което е поставен фотокапана. Поставянето на устройствата върху животински пътеки повлиява положително на вероятността за откриване и за двата вида. Така че за бъдещи проучвания се препоръчва използването на фотокапани с по-тесен ъгъл на заснемане. Обсега на активиране на сензорите и обхвата на светкавицата са от полза само за откриваемостта на дивата свиня, докато особено по-дългият проблясък оказва влияние върху откриването на сърната по отрицателен начин (колкото по-силна е светкавицата, се отчитат по-малко регистрации).

Няколко други ковариати са специфични за всеки от двата копитни вида. Повишаването на средната надморска височина има отрицателно влияние върху обитанието на дивата свиня вследствие на забавянето на хранителната производителност на растителността при по-висока надморска височина. Видимостта се отразява на откриването на видовете по два начина – откритите гори поради по-добрата си видимост, осигуряват по-чести регистрации, отколкото затворените гори с обилен подраст.

Обитанието на сърната се влияе от два специфични ковариата - пресечеността на терена и разстояние до места за подхранване. По-голямата пресеченост на терена е по-малко предпочитана от сърната, докато по-пресечените терени не влияят на обитанието на дивите свине. Местата за подхранване в Осогово са често посещавани от сърни – разстоянието до най-близката хранителна станция повече от един километър влияе

отрицателно на обитанието на сърната. Такова влияние обаче няма върху дивата свиня, която явно не разчита толкова на предоставената от човека храна.

Характеристиката на модела на фотокапана, които оказва влияние (положително) само върху откриваемостта на сърна е скоростта на заснемане на фотокапана. Сърната не се движи на големи стада, често е подложена на стрес и е способна на бързо бягство, много по-бързо това от дивата свиня. Така че по-бързата скорост на задействане на фотокапана е от съществено значение за регистриране на вида. За разлика от сърната, дивата свиня се движи в големи стада и този ковариат не играе съществена роля за регистрирането на този вид.

VI.3. Циркадна (денонощна) активност на вълка и неговите жертви в Осоговска планина

В настоящото изследване в Осоговската планина вълкът показва отчетливо нощна активност, като дневната и сумрачната активности със сходно ниски стойности (Фиг. 22 и 23). Логичното обяснение за нощна активност на вълка е предимно нощната активност на дивата свиня, която според направения анализ на хранителният спектър на вълка е водеща в неговите предпочитания. Това обяснение се подкрепя както от Екстензивното, така и от Интензивното изследване.

През трите години на изследването (2018-2020) активността на дивата свиня е с най-високи стойности през тъмната част на денонощието, като пикът и през трите години постепенно се измества от 23:00 (2018г.), през 22:00 (2019 г.) до 20:00 (2020 г.). Денонощната активност на дивата свиня при Интензивното изследване с почти същите измерения. Получените резултати отразяващи циркадната активност на дивата свиня съвпадат с активността на вида установена в други изследвания, като в Полша (Sporek et al., 2017), Канада (Stolle et al., 2015), Аржентина (Caruso et al., 2018), Италия (Russo et al., 1997; Voitani et al., 2007). В Китай, пик в дневната активност на вида е установена и през топлите (пролет и лято) и студени сезони (есен и зима) (Liu et al., 2013). Активността на дивата свиня се оформя от преследването от страна на човека, съчетано с ловния натиск от страна на вълка. Дивата свиня е обект на сериозен ловен натиск (Табл. 1) в ловно стопанство Осогово. Силната ловна преса през светлата част от денонощието принуждават дивата свиня да избира нощта за своята активност. Тоест, човешкият фактор е от по-важно значение за оформянето на нощната активност. Нощната активност на вълка също е формирана от човешкия фактор (Gaynor et al., 2018).

Разгледана по години, денонощната активност на сърната има малко флукуации. И през трите години на изследването тя е най-активна през светлата част от денонощието между 6:00 и 12:00 ч. Втори по величина времеви период на активност е между 17:00 и 22:00 ч. Активността разгледана по сезони следва годишната закономерност. Изключения правят само есента на 2019 и лятото на 2020 г. когато пикът на денонощната активност на сърната се измества в периода между 17:00 и 22:00.

Денонощната активност на сърната при Интензивното изследване не се отличава от активността при Екстензивното изследване. Степента на припокриване на денонощната активност на вълка и сърната се изрива цифрово е сходна, но малко по-висока с тази между вълка и дивата свиня по същите причини изказани по-горе.

Отчетеният пик в денонощната активност на сърната през светлата част от денонощието (6:00-12:00 ч.) се различава с резултатите от други публикувани изследвания, където пикът при денонощната активност на вида е отчетен основно в сумрачната част на денонощието (зазоряване и здрачаване) (Jeppesen, 1989; Wallach et al., 2010; Pagon et al., 2013; Cederlund, 2014).

Възможни причини за тези различия и най-вече за високия процент дневна активност са, че безпокойството от страна на човека изключително ниско, в сравнения с други райони на страната. Друг аспект е много ниския ловен натиск, както от страна на вълка и от страна на човека. По-високият процент на припокриване на денонощната активност на сърната с вълка, в сравнение с процента на дивата свиня, вероятно се дължи именно поради този по-нисък ловен натиск от страна на вълка.

VI.4 Екологични ниши на вълка и неговите жертви в Осоговска планина - обобщение

В настоящата дисертация бяха поставени **четири основни работни хипотези**. Тук са направени заключения по тях:

1). Вълкът в Осоговската планина е генералист и ловува опортюнистично на най-обилната плячка:

За целта бяха направени кръстосани анализи между резултатите по хранителния спектър, съчетани с анализ на относителната плътност на жертвите, индекса на селективност, динамиката на трите вида и периодите на затвореност на популациите им, както и беше направено сравнение на резултатите от настоящото изследване с публикувани досега данни (местни, национални и от други страни). Всичко това води до отхвърляне на хипотезата за апостатичната селекция на вълка (генерализъм и опортюнистичност) по отношение на избора на плячка в Осогово. Вълкът показва ясно предпочитание към дивата свиня, която присъства в по-малка относителна плътност от сърната (анти-апостатична селекция). Същото се наблюдава и при предишно проучване (2002-2003 г) в същия район, когато вълкът избира анти-апостатично сърната.

2). Двата вида жертви на вълка в Осогово променят своето обитание, за да избегнат райони с често присъствие на вълци, като по-голямо избягване се наблюдава при вида, който съставлява по-голяма част от храната на хищника:

Вероятността за обитание на дивата свиня и сърната в Осоговска планина е повлияно само от абиотични фактори и гъстота на горските пътища (за двата вида) и разстоянието до местата за подхранване (само за сърната), докато вероятността за откриване са свързани с характеристиките на използваните при изследването фотокапани, мястото им на поставяне и видимостта в гората (за двата вида) и присъствието на скитащи кучета (само за сърната). Единственият антропогенен фактор, който засяга едновременно и двата вида е плътността на горските пътища, който влияе отрицателно на обитанието им. Резултатите от разработените модели на обитание дават основание да заключи, че тази хипотеза също напълно се отхвърля. Това е подкрепено и

от редица изследвания в други страни, където не само вълкът, но и други хищници не оформят пространствено обитанието на своите жертви.

3) Моделирането на обитанието на основата на по-голяма разделителна способност на изследването (по-голям брой фотокапани върху по-малка площ) дава по-точен резултат за вероятността за регистриране на вълка и видовете жертви, както и за вероятността на обитание на вълка:

Тази хипотеза частично се отхвърля за вълка и напълно се отхвърля за видовете жертви. Сравнението на резултатите от Екстензивното и интензивното изследване показват, че при вълка независимо от по-ниската вероятност за откриване при по-малко фотокапани на по-голяма площ, резултатите от обитанието са сходни. При видовете жертви вероятността за регистриране при Екстензивното и Интензивното проучване са сходни. Проучванията на по-голяма площ (като Екстензивното изследване) са по-способни да уловят разнообразието от фактори и техните комбинации. Проучванията на по-малки площи (като Интензивното изследване) е по-вероятно да уловят автокорелирани характеристики на околната среда или местни специфики – например ковариата на присъствието на кучетата има значителен ефект върху сърната само по време на Интензивното проучване.

4) Видът, който изпитва най-силен натиск от вълка (присъства най-значимо в храната му), ще го избягва времево;

Различията в денонощната активност на сърната и дивата свиня доказват, че преследването от страна на човека и вълка предопределя пиковете в денонощната активност на изследваните видове. Измерената висока плътност на сърната, слабият ловен натиск в ДЛС „Осогово“, отрицателният индекс на селективност от страна на вълка преопределят липсата на безпокойство при сърната и нейните високи показатели на дневна активност. Силният ловен натиск от страна на човека в ловното стопанство преопределя нощната активност на дивата свиня. Интензивното изследване дава по-добри резултати от Екстензивното при анализ на нивото на припокриване, като тогава се наблюдава и различия в пиковете в сравнение с вълка. Нивото на припокриване на активността на вълка и дивата свиня е по-ниско от това между вълка и сърната, но избягването не е толкова чувствително, както би трябвало да се очаква за основен вид жертва. Причината е вероятно е в груповия начин на живот на дивата свиня – възрастните се чувстват по-защитени, за да избягват сериозно основния си хищник, който ловува основно на млади животни (до една година). Така тази хипотеза е само частично потвърдена – съществува известно избягване по време, но то не е значително.

VII. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изводи

1. При анализа на трофичните ниши задължително трябва да се вземе предвид обилието или плътността на потенциалните видове жертви, тъй като честотите на срещаемост на отделните хранителни компоненти не са достатъчни да опишат точно предпочитанието към храната;
2. Независимо от броя и разнообразието на видове, потенциални жертви на вълка, той избира активно, а не опортюнистично, воден от анти-апостатична селекция върху предпочитания вид-жертва. В Осоговската планина, както и в повечето части на разпространението си, вълкът активно предпочита дивата свиня;
3. Фотокапаните дават изключително добър обем от данни, които могат да се използват за анализи на обитанието, плътността и циркадната активност на изследваните видове. Те също така предоставят голямо количество съпътстваща информация за други видове.
4. Относителната честота на регистриране на видовете и моделите на обитание могат да бъдат използвани за установяване на пространствените взаимоотношения на вълка с неговите жертви. В настоящото изследване тези два метода за анализ показаха, че двата вида жертви на вълка в Осоговската планина (дивата свиня и сърната) не се повлияват пространствено от присъствието на вълка;
5. Вероятността за обитание на дивата свиня и сърната в Осоговска планина е повлияно само от абиотични фактори и гъстота на горските пътища (за двата вида) и разстоянието до местата за подхранване (само за сърната), докато вероятността за откриване са свързани с характеристиките на използваните при изследването фотокапани, мястото им на поставяне и видимостта в гората (за двата вида) и присъствието на скитащи кучета (само за сърната). Единственият антропогенен фактор, който засяга едновременно и двата вида е плътността на горските пътища, който влияе отрицателно на обитанието им.
6. Включването на характеристиките на фотокапаните като ковариати в моделите на обитание може да предостави важна информация за влиянието на тези характеристики върху вероятността за регистрация на изследваните видовете;
7. Моделирането на обитанието при Интензивното проучване на основата на по-голяма разделителна способност (по-голям брой фотокапани върху по-малка площ) дава сходни резултати за обитанието на двата вида копитни с това при Екстензивното проучване (с по-малка разделителна способност върху по-голяма площ), но предоставя информация за местни специфики – като например само това изследване регистрира присъствието на скитащи кучета;
8. Циркадната активност на вълка, дивата свиня и сърната се формират основно от антропогенния натиск, като не е установено съществено влияние на вълка върху активността на основната му плячка – дивата свиня;

9. Сърната в Осоговската планина се повлиява най-слабо от антропогенния фактор по отношение на циркадната си активност, като показва изключително висока дневна активност, докато дивата свиня и вълка са с предимно нощна активност;

Заклучение

Изборът на жертви е комплексен по природа и трябва да бъде изследван не само количествено, но и пространствено и времево, като се вземат предвид и размера на територията на глутницата, компонентите на местообитанията и антропогенните фактори. По този начин фотокапаните се оказват ценен инструмент за такива изследвания и трябва да се прилагат при всяко изследване на хранителният спектър. Локално, непрекъснатото присъствие на вълци видът оформя количествено популациите на своята плячка, играйки значителна роля в подбора и жизнеспособността на популациите. Конфликтът с хората обаче води до промени в плътността и социалната структура, както на хищника, така и на неговите жертви, преоформяйки популациите им и нарушавайки по този начин стабилността на популациите им. Следователно трябва да се прилагат такива подходи (неинвазивни и евтини) за изследване и опазване, които да отговарят пряко на най-важните аспекти на екологичните ниши на видовете (в хранителен, пространствен и времеви аспект) вземайки в предвид отношенията хищник-жертва. Тук важна роля играят и други методи за изследване като GPS телеметрия и генетичен анализ, които в комбинация с метода на фотокапаните в бъдеще могат да отговорят на повече въпроси свързани с тези екологични ниши.

VIII. ПРИНОСИ НА НАСТОЯЩАТА ДИСЕРТАЦИЯ

1. Направен е анализ на трофичната ниша на вълка в Осоговската планина;
2. Определена е сезонната и годишна плътност на вълка, дивата свиня и сърната в Осоговската планина;
3. Направен е анализ на индекса на селекция на вълка по отношение на видовете жертви;
4. Изведена е относителната честота на регистрацията на трите вида и е направено сравнение на тази честота за дивата свиня и сърната за райони с присъствие на вълк и райони без регистрацията на вида;
5. Изведени са периодите на затвореност на популациите на вълка, дивата свиня и сърната по години и сезони (където има достатъчно данни). Въз основа на тези периоди са направени някои заключения за динамиката на популациите на тези видове;
6. Изведено е регистрираното обитание за вълка, дивата свиня и сърната и са изготвени модели за обитанието на дивата свиня и сърната за лятно-есенния период, като са направени заключения за ковариатите, които определят обитанието и вероятността за регистриране;
7. Изведени са анализи за циркадната активност на дивата свиня, сърната и вълка и нивото на припокриване на активността им в Осоговската планина;

Приноси с потвърдителен характер: 1, 2 (за сърната), 3,

Приноси с оригинален характер: 2 (за дивата свиня и вълка), 4, 5, 6, 7

Методологични приноси:

1. На основата на резултатите от анализите са направени препоръки за ефективен пространствен дизайн за изследване на обитанието на вълка чрез фотокапани, от гледна точка на ограниченията от финанси, време и човешки изследователски ресурси. Предложен е мащаб и бройност на устройствата които могат да бъдат използвани при такива изследвания;

2. Направен е анализ на влиянието на характеристиките на моделите на фотокапаните върху вероятността за регистриране. За изследвания свързани с обитание на дива свиня и сърна се препоръчват камери с по-тесен ъгъл на заснемане, а само за дива свиня такива с по-голям обхват на сензорите и светкавицата. При сърната се препоръчва използване на по-слаба светкавица.

Публикации по темата на настоящия дисертационен труд:

1. Popova E., Zlatanova D., Dolapchiev N., Stojanov A., Doykin N., Petrov P. 2019. The grey wolf and its prey – insights from camera trapping in Osogovo Mtn. in Bulgaria and Macedonia. Annual of Sofia University “St. Kliment Ohridski” Faculty of Biology Book 4 - Scientific Sessions of the Faculty of Biology 2019, 104: 266-277, ISSN (print):0204–9902, ISSN (online):2682–9851
2. Dolapchiev N., Zlatanova D., Popova E., Petrov P., Doykin N. 2022 (in press). Apostatic or Anti-apostatic? Prey Selection of Wolf *Canis lupus* L. (Mammalia: Canidae) in the Osogovo Mountain, Bulgaria. Acta Zool. Bulg., Published online 10 January 202

Участия в конференции и други научни форуми:

2018

1. Dolapchiev N., Petrov P., Popova E., Doykin N. & Zlatanova D. 2018. Preliminary results on the wolf diet in Osogovo Mtn., Bulgaria. International Scientific Conference Kliment’s Days 2018, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria 08-10 November 2018 (постер)
2. Popova E., Zlatanova D., Dolapchiev N., Stojanov A., Doykin N., Petrov P. 2018. The grey wolf and its prey – insights from camera trapping in Osogovo Mtn. in Bulgaria and Macedonia. International Scientific Conference Kliment’s Days 2018, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria 08-10 November 2018 (презентация)

2019

3. Dolapchiev N., Zlatanova D., Popova E. & Doykin N. 2019. „Occupancy of the grey wolf (*Canis lupus* L.) and its prey – the roe deer (*Capreolus capreolus*) and wild boar (*Sus scrofa*) in Osogovo Mnt.“, Proceedings of “International Seminar of Ecology- 2019“, dedicated to the 75th anniversary of USB and The 150th anniversary of BAS, April 18-19, 2019. (презентация)
4. Dolapchiev N., Zlatanova D., Popova E., Doykin N. 2019. Occupancy of the wolf (*Canis lupus* L.) and its ungulate prey in Osogovo Mountain, Bulgaria., Proceedings of International Symposium of Ecologist in Montenegro., 2-5.10.2019. (постер)
5. Dolapchiev N., Petrov P., Popova E., Doykin N., Zlatanova D., Ponti M., Cosani G. 2019. Wolf (*Canis Lupus* L.) diet in Osogovo Mtn. (Bulgaria) over two years. International Scientific Conference Kliment’s Days 2019, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria 8 November 2019. (постер – с награда за **най-добър постер** в категория Биоразнообразие и биологично образование)

2020

6. Dolapchiev N., Popova E., Petrov P., Doykin N., Damyanov D., Zlatanova D.. 2020. „Components and seasonality of wolf diet in Osogovo Mountain in 2018-2020“ International Scientific Conference Kliment’s Days 2020, Sofia University "St. Kliment Ohridski", Sofia, Bulgaria, 5 November 2020 (постер):

Благодарности:

Всеки научен труд трябва строго да се придържа към научният стил на писане, но именно за да подчертая огромната ми благодарност към всички, които помогнаха за изготвянето на настоящата дисертация тук няма да се придържам към него. Благодарността е нещо много лично и вкарването ѝ в протоколен текст обезсмисля цялата форма на благодарност.

И една буква от тази дисертация нямаше да бъде написана без всеотдайната помощ на доц. д-р Диана Златанова, без непрестанните ѝ опити да изгради Учен от мен. Огромен път бе изминат през целият период на изследването благодарение на непрестанната научна и чисто човешка подкрепа от нейна страна! Благодарен съм за всичко научено от нея, за напътствията през годините, за конструктивните ѝ съвети, за разработването, изготвянето и оформянето на дисертационния труд.

И една буква от тази дисертация нямаше да бъде написана без помощта оказана от гл.ас. Елица Тахчийска и д-р. Никола Дойкин. Огромно благодаря за цялостната подкрепа, за всичко което научих от тях!

Изказвам най-искрени благодарности и на проф. д-р Петър Генев, доц. д-р. Елена Ташева, гл.ас. д-р Петър Петров, д-р Стелияна Попова, Мая Параскова, Валентин Златанов за всяческата подкрепа през годините на изследването.

Благодаря и на всички останали колеги от Катедра Зоология и антропология. Специални благодарности изказвам и на семейството и приятелите ми, които ме подкрепяха през цялото време.

Благодарности на към ръководството и колегите от DHL “Expres Bulgaria” за подкрепата и търпението през годините.

Тази дисертация беше реализирана с финансовата подкрепа на Фонд Научни изследвания на СУ „Св. Кл. Охридски – проекти № 80-10-55 от 2018 г., № 80.10-29/2019 г., 80-10-13/18.03.2020 г., както и проект Проучване на ролята на вълка и установяване възрастовата и полова структура на сърната и дивата свиня с цел правилното стопанисване на дивечовите запаси, финансиран с договор № ПО/01/53-30.05.2018 г. от Югозападното Държавно Предприятие ТП: Държавно Ловно Стопанство „Осогово”

СЪРДЕЧНО БЛАГОДАРЯ!

Ecological niches of the wolf *Canis lupus* L. and its prey species in Osogovo mountain (Resume)

This dissertation aims to establish the main parameters of the trophic, spatial and temporal ecological niches of the wolf and its two prey species in Osogovo Mountain- the wild boar (*Sus scrofa* L.) and the roe deer (*Capreolus capreolus* L.).

To achieve this two data collection methods, such as the transect method for wolf scat collection and the camera trap method (in two spatial scales – Extensive and Intensive), were used. A common database was used to summarize the camera trap data. Three main analyses were performed: 1). Scat analyses combined with population density analysis via Random Encounter Modelling and selectivity of prey analysis. 2). Occupancy estimation and modelling for identifying the spatial interaction of the wolf and its two prey ungulates, as well as the covariates which influence the prey occupancy. 3). Circadian activity analyses via kernel density estimation and assessment of the activity overlap.

Four main working hypotheses were set:

- 1). The wolf in the Osogovo Mountains is a generalist and hunts opportunistically for the most abundant prey;
- 2). The two wolf prey species in Osogovo are altering occupancy to avoid areas with frequent wolf presence, with greater avoidance being observed in the species that is prevailing in the wolf diet;
- 3) The the higher resolution occupancy modelling (more photo traps on a smaller area) will provide a more accurate result for the occupancy of the prey species;
- 4) The species that experiences the strongest pressure from the wolf (prevailing in the wolf diet) will avoid it temporarily;

The first three hypotheses were rejected. The wolf showed a clear anti-apostatic selection (for the wild boar) not only in the current study but also in an earlier study (for the roe deer) in Osogovo mountain. No evidence was found that the wolf had a significant impact on the occupancy of the two prey species. Despite the lower probability of detection in the Extensive survey (fewer camera traps in a larger area), the occupancy of the two species is similar. Larger area studies are better able to capture a variety of factors and their combinations while smaller area studies (with more camera traps) are more likely to capture autocorrelated environmental characteristics or local specificities. Only the fourth hypothesis was partially confirmed – there is temporal avoidance between the wild boar and the wolf, but it is insignificant.

In conclusion - the predator-prey relationship of the wolf and its prey is complex in nature and should be studied not only quantitatively but also spatially and temporally, taking into account the size of the pack, the components of the habitats and anthropogenic factors. Therefore, practical approaches (non-invasive and inexpensive) for research and conservation must be applied that directly address the most important aspects of the ecological niches of the species (nutrition, space and time), taking into account the predator-prey relationship.