

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA
KATEDRA ZOOLOGIE



**OVLIVŇUJÍ KLIMATICKÉ PODMÍNKY ABUNDANCI
HRABOŠE MOKŘADNÍHO NA IMISNÍCH
HOLINÁCH KRUŠNÝCH HOR?**

Magisterská diplomová práce

Vypracovala: Bc. Veronika Hrindová
Vedoucí práce: Doc. RNDr. František Sedláček CSc.

České Budějovice 2011

Anotace

Mrindová V. (2011): Ovlivňují klimatické podmínky abundanci hraboše mokřadního na imisních holinách Krušných hor?

(Is the abundance of the field vole on immission clearings in the Ore Mts. influenced by climatic conditions? Mgr. Thesis, in Czech) - 85 p., Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.)

The aim of the study was to find out the character of abundance fluctuations in a field vole population on immission clearings in the Krušné (Ore) Mountains during a 25 year series of trapping. Another aim was to find out the influence of climatic conditions on these cycles, concretely the influence of local climatic condition and the influence of North-Atlantic oscillation.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně, pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů

V Českých Budějovicích dne2011

Bc. Veronika Mrindová

Poděkování patří z největší části mému školiteli Františku Sedláčkovi za obrovskou pomoci a neuvěřitelnou trpělivost při sestavování této práce. Velké díky patří také Simoně Polákové za ochotu a pomoc se statistickou částí práce. Dále patří poděkování všem, kteří se na projektu podíleli v průběhu celých 25 let, především jejím zakladatelů – Vladimír Bejček, Karel Šťastný, Jiří Zima, František Sedláček. A v neposlední řadě patří poděkování všem mým přátelům a rodině, kteří mě v mé práci podporovali, především mamince, která je největší oporou v celém mém studiu.

OBSAH

1. ÚVOD	1
1.1. POPULAČNÍ CYKLY.....	2
1.2. GEOGRAFICKÝ GRADIENT	2
1.3. KLIMATICKÉ PODMÍNKY	4
1.4. PRŮBĚH ZIMNÍHO OBDOBÍ	4
1.5. PRŮBĚH VEGETAČNÍHO OBDOBÍ	5
1.6. SEVEROATLANTICKÁ OSCILACE	6
1.7. OTÁZKY A HYPOTÉZY	8
2. MATERIÁL	9
2.1. OBLAST VÝZKUMU	9
2.2. POPIS ODCHYTOVÝCH LOKALIT	9
2.3. ODCHYT A ODCHYCENÁ ZVÍŘATA.....	10
2.4. DATA POUŽITÁ Z PROTOKOLŮ	11
3. METODIKA	13
3.1. OTÁZKA Č. 1 - VYKAZUJE POPULACE HRABOŠE MOKŘADNÍHO V KRUŠNÝCH HORÁCH PRAVIDELNÉ CYKLY?.....	13
3.2. OTÁZKA Č. 2 (PŘI H1 _A) - MAJÍ NA POPULAČNÍ CYKLUS HRABOŠE MOKŘADNÍHO V KRUŠNÝCH HORÁCH VLIV MÍSTNÍ KLIMATICKÁ DATA NEBO INDEX SEVEROATLANTICKÉ OSCILACE (NAO)?.....	15
3.2.1. Testování vlivu místních klimatických podmínek (MTK) na počty hrabošů	15
3.2.2. Vliv Severoatlantické oscilace (NAO) na počty hrabošů.....	16
3.2.3. Porovnání vlivu NAO a MTK.....	16
3.2.4. Vzájemné korelace (cross-correlation) dat	16
4. VÝSLEDKY	17
4.1. OTÁZKA Č. 1 - VYKAZUJE POPULACE HRABOŠE MOKŘADNÍHO V KRUŠNÝCH HORÁCH PRAVIDELNÉ CYKLY?.....	17

4.2. OTÁZKA Č. 2 (PŘI H1 _A) - MAJÍ NA POPULAČNÍ CYKLUS HRABOŠE MOKŘADNÍHO V KRUŠNÝCH HORÁCH VLIV Místní klimatická data nebo index SEVEROATLANTICKÉ OSCILACE (NAO)?	21
4.2.1. Vliv místních klimatických podmínek na počty hrabošů	21
4.2.2. Vliv NAO na počty hrabošů	25
4.2.3. Porovnání vlivu MTK a NAO indexu na počty hrabošů	29
4.2.4. Oscilace klimatických parametrů	33
4.2.5. Vzájemné korelace (cross-correlation) dat	36
5. DISKUZE	38
5.1. ODCHYTY	40
5.2. CYKLIČNOST	41
5.3. KLIMATICKÉ PŘÍČINY	43
6. ZÁVĚR	47
7. LITERATURA	49
8. PŘÍLOHY	54

1. ÚVOD

Primárním biotopem hraboše mokřadní (*Microtus agrestis*) jsou vlhké až mokřadní biotopy, většinou v blízkosti vodních ploch, kde travinná vegetace tvoří spletitý porost nabízející množství rostlinné biomasy ke konzumaci, strukturované prostředí na ukrytí a relativně stabilní chladné prostředí (Anděra a Beneš 2001). V našich podmínkách se ovšem s hrabošem mokřadním můžeme pravidelně setkat také ve vyšších polohách, kde na mýtinách po smrkových monokulturách osidluje raná sukcesní stadia s dominující travinnou - třtinou chloupkatou (Bejček et al. 1999; Šťastný et al 2010).

Tyto mýtiny mohou vznikat jak po plánovaných velkoplošných těžbách, tak po větrných kalamitách nebo dlouhotrvajících imisních zátěžích (Bejček et al. 1999). Všemi uvedenými cestami tak vznikají sekundární biotopy, kde může dosahovat početnost populace hraboše mokřadního až několika stovek jedinců na hektar (Bejček et al. 1999). Za takové situace se pak často projevuje silný vliv na vegetaci, např. i na uměle vysazené smrkové semenáčky, což vyvolává zájem jak čistě zoologického badání, tak i lesnické praxe po předpovědi vysoké početnosti populace (Kapitola 1999; Sedláček et al. 1991; Bejček et al. 1999; Heroldová 2002; Slodičák 2007). Toto kolísání početnosti hraboše mokřadního na sekundárním biotopu v Krušných horách a jeho ovlivnění klimatickými podmínkami je objektem zájmu předkládané práce.

1.1. POPULAČNÍ CYKLY

V Evropě jsou pozorována pravidelná přemnožení hrabošovitých hlodavců rodu *Microtus*, *Clethrionomys*, *Lemmus*, *Dicrostonyx* a *Myopus* (Vlasák 1986; Stenseth 1999, Stenseth a Ims 1993; Tkadlec 2008). Periodicita víceletých populačních cyklů hrabošovitých není přesná, v rámci střední Evropy kolísá v rozmezí 2-5 let (Niethammer a Knapp 1982, Inchausti et al. 2009; Lambin et al. 2006; Ostfeldt et al. 1993). O mechanismech pravidelných víceletých populačních oscilací hrabošů bylo vytvořeno od začátku bádání (Elton 1925) několik hypotéz nabízejících různá vysvětlení a dodnes v této oblasti nepanuje shoda. Původně převládal názor, že jsou populační cykly regulovány vnitřními mechanismy (Vlasák 1986). V současnosti ale získávají převahu hypotézy, které nacházejí primární impulsy ve vnějším prostředí: změna kvality a kvantity potravy, predatorního tlaku, či klimatické parametry (Tkadlec et al. 2006). Zdá se, že zaměření studia zvláště na posledně jmenovaný soubor klimatických faktorů přináší opět nové přesvědčivé výsledky, a to především v souvislosti s analýzou severoatlantické oscilace (Tkadlec et al. 2006).

1.2. GEOGRAFICKÝ GRADIENT

Gradientsy cykličnosti populační hustoty podle zeměpisné šířky, tedy v severo-j jižním směru ukazují, že vliv klimatických faktorů nebude zanedbatelný. Tedy stejné druhy vytvářejí různé vzory fluktuací v různých částech rozšíření (Stenseth 1999, Tkadlec a Stenseth 2001). V rámci Evropy bylo popsáno hned několik geografických gradientů. Poprvé byl tento gradient cykličnosti popsán ve Skandinávii, kde od jihu k severu stoupá rozkolísanost populační dynamiky, roste

amplituda oscilací a délka periody se protahuje až na 5 let. V jižních oblastech se přitom vyskytují populace zcela necyklické vykazující pouze sezónní fluktuace (Hansson a Henttonen 1985). Uvedený gradient je připisován hlavně postupnému zvyšování sněhové pokrývky od jihu k severu (Hansson a Henttonen 1985). Podobný gradient u norníka rudého (*Clethrionomys glareolus*) a hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*) byl objeven v Británii a vysvětlením by mohla být okolnost, že obě uvedené geografické oblasti leží na stejné zeměpisné šířce a jsou podobně chudé na sněhové srážky (Hansson 1984; Hansson a Henttonen 1985). Ve střední Evropě naopak cykličnost v dynamice populací poněkud překvapivě vzrůstá od severu k jihu (Tkadlec a Stenseth 2001).

Většina příkladů o populacích vykazujících cyklickou dynamiku pochází z výrazně sezónního prostředí (Hansson a Henttonen 1985; Bjornstand et al. 1998). Existence proměnlivosti v cykličnosti populací je vysvětlována působením silného vnějšího faktoru, nejčastěji klimatických charakteristik, které se mění podél geografického gradientu.

Oproti tomu Steen et al. (1996) prokázal, že populační cykly hrabošovitých jsou často zcela synchronní a dokonce i v geograficky vzdálených populacích dosahují maxima ve stejném roce. Synchronnost byla dokonce pozorována i mezi populacemi různých druhů (Huitu et al. 2004). I v tomto případě musí být klimatické podmínky skupinou faktorů, které účinkují shodně na velkém území.

1.3. KLIMATICKÉ PODMÍNKY

Před více jak 25 lety Vlasák (1986) shrnuje poznatky o klimatických faktorech do konstatování, že klimatické faktory nezpůsobují cyklické změny početnosti hlodavců, ale pouze je ovlivňují. Jsou především schopny v rozsáhlých geografických areálech populační cykly synchronizovat. Početnost hlodavců je při tom určována hlavně počasím podzimního a jarního období. Podzimní mrazy za nízké nebo chybějící sněhové pokrývky a vlhké jaro s nízkými teplotami nebo dlouho ležící sněhovou pokrývkou mají být příčinou zvýšené mortality a nízkých početních stavů hlodavců v následující rozmnožovací sezóně.

V současnosti je vlivu klimatických faktorů připisován stále větší vliv. Hraboši jsou endotermní homoiotermní savci s výrazně nevýhodným poměrem mezi povrchem a objemem těla, takže tepelná bilance je zcela stěžejní pro jejich existenci (Tomasi a Hroton 1992). Není proto vůbec překvapující, že podle Montuire a Jacques (1997) je počet hlodavců spojen přímo s teplotními parametry. U hrabošů hraje pravděpodobně klíčovou roli sezonalita podmínek a ta se zdá být spojena s průběhem zimy (Stenseth et al. 2003).

1.4. PRŮBĚH ZIMNÍHO OBDOBÍ

Z výše uvedeného vyplývá, že dlouhé zimy jsou spojené s dlouhými cykly (Stenseth et al. 2003). Zimní období mírného a subarktického pásma je charakteristické výrazným snížením teploty prostředí pod bod tuhnutí vody a tudíž, kromě jiného, také sněhovou pokrývkou. Ta chrání hraboší nory před velkými změnami teplot (Vlasák 1986, Tkadlec et al. 2006) a také před predátory (Lambin et al. 2006). V podmínkách střední a severní Evropy je přesto kritickým obdobím

pro hraboše chladná zima (Bierman et al. 2006). Nicméně ani zimy s mírnými teplotami nejsou příznivé kvůli proměně sněhu v led, který těsně pokrývá povrch půdy. Tání tak redukuje subnivální prostor a tepelnou izolaci a současně omezuje přístup k potravě (Aars a Ims 2002).

Dlouhé a chladné zimy ve vyšších zeměpisných a nadmořských výškách zvyšují energetický a tím přispívají ke zvýšení mortality během zimy (Wolff 1996). V důsledku nepříznivých klimatických podmínek a nedostatku potravy je v zimních měsících také zastavena reprodukce (Aars a Ims 2002). Zvýšení tuhosti zimy a chladné jaro vede nakonec k poklesu počtu přezimujících zvířat a v důsledku toho k populačnímu růstu (Grenfell et al. 1998; Milner et al. 1999). Struktura populací na začátku reprodukčního období je do značné míry ovlivněna především zimní mortalitou, která může být závislá na věku, pohlaví nebo velikosti těla zvířat (Aars a Ims 2002). Nicméně je třeba vzít v úvahu i starší poznatky, které poukazují na nezávislost populačních trendů na časném nebo pozdním tání sněhu v jarním období (Krebs a Myers 1974). Současné analýzy časových řad ukazují, že populační změny během zimy jsou silně závislé na populační hustotě (Stenseth a Saitoh 1998; Hansen et al. 1999).

1.5. PRŮBĚH VEGETAČNÍHO OBDOBÍ

V letním období změny klimatických podmínek působí na populace hrabošů nepřímo především prostřednictvím dostupnosti a kvality potravní nabídky. Např. letní sucho bývá příčinou značného snížení intenzity rozmnožování (Vlasák 1986). Rozvoj vegetace sloužící za potravu je tedy faktor jasně limitující růst populace, ačkoliv jeho role v cykličnosti není evidentní. Po zmenšení rostlinné

biomasy populace hrabošů neprojevila zpoždění v růstu. Usuzuje se, že vnitřní proces závislosti na hustotě vede ke stabilizaci populace a že cyklická dynamika není způsobená zpožděním ve využití zdrojů (Ostfeld et al. 1993). Ani experimentální dodávka potravy během reprodukční periody zásadně nezvýšila počet přeživších jedinců, zvětšily se pouze proporce pohlavně aktivních zvířat a snížila se úmrtnost mláďat (Jánová et al. 2008).

1.6. SEVEROATLANTICKÁ OSCILACE

Pravidelné kolísání klimatu vnáší prvek cykličnosti do populační dynamiky některých druhů. Tento vliv je studován v poslední době na severní polokouli pomocí NAO indexu, který kvantifikuje sílu klimatického vlivu (Lima et al. 1999). Severoatlantická oscilace (NAO) je klimatický jev pozorovaný na severu Atlantického oceánu, který je spojený se změnami tlaku mezi tlakovou níží nad Islandem a tlakovou výší u Azorských ostrovů. Je charakterizován cyklickými změnami tlaku vzduchu a posuny v drahách cyklón. Ovlivňuje rychlost a směr vzdušného proudění, má vliv také na teploty, rozložení srážek i jejich úhrn. Má bezprostřední dopad na počasí v Evropě. Kladná fáze NAO způsobuje teplejší a vlhčí zimy, záporná fáze způsobuje studené a suché zimy (Forchhammer et al. 2001).

Od 80. let je dlouhá perioda převládajícího kladného indexu NAO, pravděpodobně vlivem globálního oteplování (Hurrell 1995; 2002). Období je spojeno se suchými poměry v jižní Evropě a Mediteránu, zatímco severní Evropa a část Skandinávie jsou obecně vlhčí (Hurrell 1995; 1996; 2002). V souvislosti

s tímto pozitivním NAO indexem rostou i zimní teploty (Alexandersson 2002). Zimy jsou méně stabilní s krátkým obdobím se sněhovou pokrývkou (Hörnfeldt 2004).

Ve Skandinávii je pozorován u hrabošů pokles populační hustoty od 70. let a je charakterizován relativně rychlým úbytkem počtu přezimujících jedinců. Tento trend je spojen se zvyšujícím se výskytem mírných vlhkých zim způsobených současnými změnami v NAO. Tento jev vede ke snížení zimní stability a zkracuje periodu se sněhovou pokrývkou, která je považována za důležitý předpoklad pro výskyt populačních cyklů hrabošů (Hörnfeldt et al 2005). V našich podmínkách je ale považován vliv NAO na hraboše za poněkud slabší (Tkadlec et al. 2006).

Silnější vliv má NAO index na větší savce, kteří zimní období nemohou překonávat v subniválním prostoru. U ovcí vysoké hodnoty NAO indexu měly vliv na snížené přežívání mláďat v jarním období a na zvýšené přežívání adultních jedinců a jejich plodnost (Forchhammer et al. 2001). Podobný jev byl pozorován u jelena lesního, kdy mláďata narozená po teplé a vlhké zimě byla značně menší než ta narozená po studené a suché zimě (Post et al. 1997). Jedinci narození během nepříznivých podmínek tak mohou získávat určité selekční vlastnosti, které jsou odchylné od těch, které pocházejí z mírnějších podmínek (Grafen 1988).

1.7. OTÁZKY A HYPOTÉZY

Na základě literárních dat byly položeny následující otázky a formulovány pracovní hypotézy:

Otázka č. 1

Vyazuje populace hraboše mokřadního v Krušných horách pravidelné cykly?

Hypotézy:

H1₀: Početnost populace hraboše mokřadního v Krušných horách nevyazuje žádné pravidelné změny.

H1_A: Početnost populace hraboše mokřadního v Krušných horách vyazuje pravidelné změny - populační cykly.

Otázka č. 2 (při H1_A)

Mají na populační cyklus hraboše mokřadního v Krušných horách vliv místní klimatická data nebo index severoatlantické oscilace (NAO)?

Hypotézy:

H2₀: S populačním cyklem hraboše mokřadního nekorelují místní klimatická data ani index NAO.

H2_A: S populačním cyklem hraboše mokřadního koreluje alespoň jeden klimatický parametr místní nebo index NAO.

2. MATERIÁL

2.1. OBLAST VÝZKUMU

Terénní výzkum společenstev drobných zemních savců probíhá v Krušných horách v okolí Flájské přehrady (800 m.n.m.) viz příloha - Obr 31, Obr. 32) od jara roku 1986. Impulzem k prvním odchyům bylo silné přemnožení hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*) na velkoplošných pasekách – imisních holinách - po smrkových monokulturách smrku ztepilého (*Picea excelsa*), které odumřely v důsledku imisní zátěže na přelomu 70. a 80. let minulého století. Následně byl k obnově lesa využit především smrk pichlavý (*Picea pungens*), který byl ovšem při vysokých populačních hustotách hraboše mokřadního často značně poškozen ohryzem. Na začátku 90. let se situace stabilizovala a od této doby dochází k postupnému zarůstání imisních ploch a pozvolné sukcesi k lesnímu prostředí. V roce 2009 se objevilo houbové onemocnění smrku pichlavého způsobené kloubnatkou smrkovou (*Cucurbitaria piceae*) a díky tomu jsou smrkové porosty, tentokrát smrku pichlavého, plošně ohroženy. V současnosti jsou již některé postižené partie opět káceny.

2.2. POPIS ODCHYTOVÝCH LOKALIT

Odchytové kvadráty jsou označeny B (Obr. 33), C (Obr. 34) a D (Obr. 35) a zahrnují jak jarní tak podzimní plochy, mezi kterými je hraniční pruh cca 10-15 m. Oddělené jarní a podzimní plochy mají zamezit ovlivnění, ke kterému by mohlo dojít krátkou dobou mezi odchyty - takto je na každé ploše klidový interval mezi odchyty jeden rok. Všechny plochy jsou umístěny na holinách s řidší či hustší

výsadbou smrku pichlavého (*Picea pungens*) a místy s dalšími dřevinami - *Larix decidua*, *Sorbus aucuparia* a *Betula pendula*. Trávo-bylinný porost má stejný charakter jako neosázená holina, dominantním druhem je *Calamagrostis villosa*, v němž se ostrůvkovitě uplatňují *Avenella flexuosa* společně s *Galium hercynicum* a *Vaccinium myrtillus*. Lokálně se objevují pasekové druhy: *Rubus idaeus*, *Senecio fuchsii*, *Epilobium angustifolium*. Plošně malé enklávy disturbancí obsadila *Urtica dioica*. Ojediněle byly zaznamenány trsy *Molinia caerulea*, *Juncus squarrosus*, rozvolněný trsík *Cerastium holosteoides* (Obr. 36-40). Kvadrát C (Obr. 34) se liší od ostatních pouze umístěním na svahu.

2.3. ODCHYT A ODCHYCENÁ ZVÍŘATA

V uvedené oblasti jsou drobní zemní savci odchyťováni na třech jarních a třech podzimních kvadrátech, přičemž každý má velikosti 1ha. Na každém kvadrátu je rozmístěno 11x11 bodů (10 m odstup) a ke každému bodu je položena sklapovací past. Univerzální návnadou na hlodavce a hmyzožravce je knot napuštěný jíškou z vypraženého špeku, rostlinného oleje a polohrubé mouky. Pasti jsou vystaveny 4-6 nocí, ovšem pro statistické zpracování byla použita jen data z prvních čtyř dnů. Odchyty probíhají na přelomu května a června – jarní odchyt a na přelomu září a října – podzimní odchyt.

Při sbírání odchytených zvířat je každému jedinci přiřazeno číslo odchyťového bodu a stručný popis nejbližší vegetace. V laboratoři je dále určen druh a je stanovena hmotnost, délka těla, délka ocasu, zadních tlapek a ušních boltců. Pítvou je následně zjištěno pohlaví a pohlavní aktivita. U samců jsou zaznamenány rozměry varlat a přídatných žláz, u samic počet a rozměry embryí,

stav uteru, počet děložních skvrn či stav laktace. Vše je zaznamenáváno do protokolů podle jednotlivých odchytových dnů a lokalit.

Mezi nejčastěji odchycené druhy drobných zemních savců zde patří hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*), norník rudý (*Myodes glareolus*), myšice lesní (*Apodemus flavicollis*), rejsek obecný (*Sorex araneus*) - celkem asi 16 druhů (Bejček et al. 1999).

Jak bylo výše naznačeno, před odlesněním nebyl hraboš mokřadní na tomto území plošně rozšířen (Šťastný et al. 2010). Vhodné podmínky pro jeho rozšíření nastaly až po vzniku imisních holin následně zarostlých třtinou chloupkatou (*Calamagrostis villosa*), která mu poskytuje vhodné chladné a vlhké mikroklima s bohatou potravní nabídkou.

2.4. DATA POUŽITÁ Z PROTOKOLŮ

Data, která byla zapisována do sešitu při laboratorním zpracování, byla nejdříve kompletně digitalizována. Nyní tedy jsou k dispozici kompletní soubory dat z odchytů v Krušných horách z let 1986- 2010. Obsahují nejen data o hraboši mokřadním, ale také o ostatních druzích - viz výše. Z těchto digitálních dat byly extrahovány všechny údaje o hraboši mokřadním. Podle termínu odchytu, hmotnosti a stavu pohlavních orgánů byli jedinci z jarního odchytu rozděleni na jedince velké adultní = přezimovavší a na jedince menší mladé = narozené na jaře. Jedinci z podzimních odchytů byli zhruba rozděleni na starší pohlavně aktivní narozené v jarním období a na mladší subadultní narozené v letním až podzimním období. Statistické zpracování (kvadráty B,C,D dohromady) pak proběhlo buď na celkových počtech, nebo jen na počtech přezimovavších zvířat z jarních odchytů a

na celkových počtech nebo jen na počtech subadultních jedinců z podzimních odchytů.

3. METODIKA

3.1 OTÁZKA Č. 1 - VYKAZUJE POPULACE HRABOŠE MOKŘADNÍHO V KRUŠNÝCH HORÁCH PRAVIDELNÉ CYKLY?

Z protokolů byla vybrána určitá data o početnosti hraboše mokřadního (viz předchozí kapitola) v jednotlivých letech. Z těchto početností byly sestaveny časové řady, které byly posléze podrobeny statistické analýze. Analýza časových řad je důležitý nástroj při popisu dlouhodobého chování dynamiky populací. Analýza časových řad umožňuje posoudit, zda daná populační data obsahují statisticky průkazný prvek periodicity a jaký je řád dynamiky charakterizující časovou řadu (Berryman 2002).

Množství periodicity a délka cyklů v časových řadách byla zkoumána autokorelační funkcí (ACF), kterou získáme výpočtem korelačních koeficientů mezi členy časové řady pro různá časová zpoždění. Korelace mezi sousedními hodnotami tj, pro interval 1 bývají vysoké, protože jsou si obvykle nejpodobnější. Pokud však v časové řadě existují oscilace, bude korelační koeficient vysoký i pro hodnoty vzdálené o interval, který odpovídá periodě cyklu. Z průběhu ACF lze rovněž odvodit, zda je dynamika populace řízena endogenními nebo exogenními faktory. Pokud hodnoty autokorelačního koeficientu s rostoucím časovým intervalem klesají, je populace řízena endogenními faktory. Jestliže hodnoty neklesají, je dynamika řízena faktory exogenními (Losík 2007, Berryman 1999).

Na základě rozdělených dat (viz kap. 2.4.) jsme vytvořili 2 modely:

(1) pro první model jsme z jarních odchytů vybrali pouze adultní jedince (zvířata, která přezimovala) a z podzimních pouze subadultní (zvířata, která se narodila téhož roku)

(2) pro druhý model jsme časovou řadu sestavili z celkového počtu zvířat chycených na jaře a totéž na podzim.

Vlastní výpočty byly provedeny v programu Statistica verze 9 pomocí sekce „Time series“. Postup byl stejný pro oba modely. Časové řady i autokorelace byly sestaveny a testovány pro původní data, zlogaritmovaná data a pro data po zlogaritmování a odstranění trendu. Tímto postupem jsme se snažili najít nejprůkaznější výsledek a zjistit tak přítomnost a délku cyklů, a tím vyvrátit hypotézu H_{10} .

3.2. OTÁZKA Č. 2 (PŘI H1_A) - MAJÍ NA POPULAČNÍ CYKLUS HRABOŠE MOKŘADNÍHO V KRUŠNÝCH HORÁCH VLIV MÍSTNÍ KLIMATICKÁ DATA NEBO INDEX SEVEROATLANTICKÉ OSCILACE (NAO)?

3.2.1. Testování vlivu místních klimatických podmínek (MTK) na počty hrabošů

Místní klimatická data z let 1986-2010 jsme získali z meteorologické stanice Nová Ves v Horách, která leží asi 6 km od kvadrátu D zhruba na stejné nadmořské výšce. K dispozici byly průměrné měsíční a roční srážky, průměrné měsíční a roční teploty, začátek a konec sněhové pokrývky.

Pro stanovení jejich vlivu na počty hrabošů (závislé proměnné modely 1 a 2 - viz kapitola 3.1.) jsme vybrali z programu Statistica 9 v sekci General linear model (GLM) - Forward stepwise (FS) analýzu, která v jednotlivých krocích prověřuje nezávisle proměnné. Statisticky nevýznamné nezávisle proměnné metoda FS vylučuje. Metoda FS se využívá k tvorbě regresních, diskriminačních a jiných modelů.

Pro statistické analýzy jsme z výše uvedených dat použili jako nezávislé proměnné průměrné měsíční teploty, délku sněhové pokrývky, konec sněhové pokrývky a dále počet zvířat chycených na jaře pro podzimní odchyty a počet zvířat chycených na podzim pro jarní odchyty.

Pro jarní odchyty (probíhající na začátku června) bylo určeno období (nezávislých klimatických dat) od června roku předešlého až po květen roku, kdy byl proveden odchyt. Podobně pro podzimní odchyty (probíhající na začátku října) bylo období vymezeno od října roku předešlého až po září roku odchytu.

3.2.2. Vliv Severoatlantické oscilace (NAO) na počty hrabošů

Vliv Severoatlantické oscilace, je zkoumán pomocí tzv. indexu NAO (Hurrell 2002, Tkadlec et al. 2006). Data byla získána z National Weather Service (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>) z období let 1986-2010. Vliv NAO indexů pro jednotlivé měsíce podle vymezených období pro jarní i podzimní odchyty (viz výše) na počty hrabošů byl testován zcela identicky jako místní klimatická data.

3.2.3. Porovnání vlivu NAO a MTK

Porovnání vlivu místních klimatických podmínek a Severoatlantické oscilace na populační cykly hraboše mokřadního, bylo provedeno opět statistickou metodou GLM – FS. Současně byly testovány všechny nezávislé proměnné, tzn. průměrné měsíční teploty jednotlivých měsíců a délka a ukončení sněhové pokrývky z místních klimatických dat a NAO indexy pro jednotlivé měsíce. Závislé proměnné - počty hrabošů (dva modely) - byly stejné jako v předchozích dvou kapitolách.

3.2.4 Vzájemné korelace (cross-correlation) dat

Pravidelně oscilující data byla podrobena v programu Statistica 9 také testu na vzájemnou korelaci, která měla odhalit vliv klimatických parametrů v obdobích předcházejících odchytům hrabošů na jejich početnost.

4. VÝSLEDKY

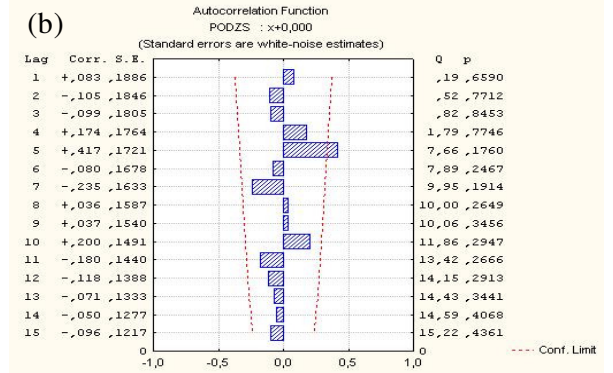
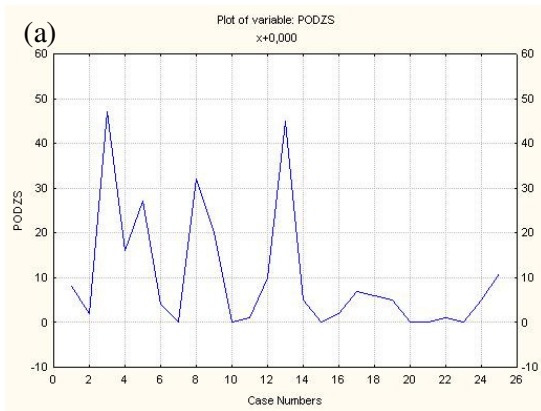
4.1. OTÁZKA Č. 1 - VYKAZUJE POPULACE HRABOŠE MOKŘADNÍHO V KRUŠNÝCH HORÁCH PRAVIDELNÉ CYKLY?

4.1.1. Model č. 1

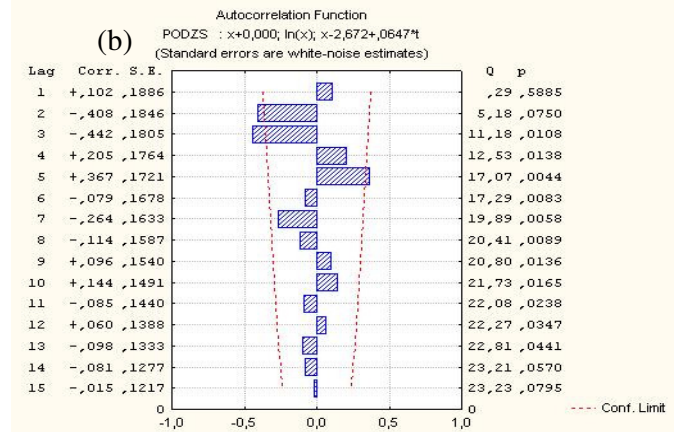
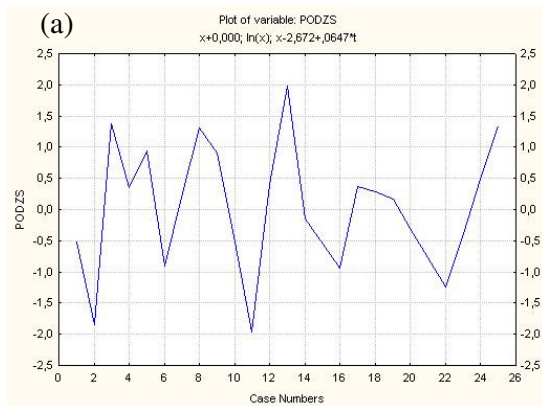
Pro model 1 byla vybrána tato data: z jarních odchyťů pouze adultní jedinci, z podzimních odchyťů pouze subadultní jedinci. Pro tyto skupiny byly sestaveny časové řady pro původní data, zlogaritmovaná data a data po zlogaritmování a odstranění trendu. Ve všech případech je z grafu patrná výrazná fluktuace početnosti. Přítomnost cykličnosti populační dynamiky jsme testovali pomocí autokorelační analýzy opět pro normální, zlogaritmovaná a zlogaritmovaná detrendovaná data (viz příloha Obr. 1, Obr. 2, Obr. 3). V jarních odchytech nebyla v žádném z případů překročena hranice konfidenčního intervalu, nebyla tedy prokázána pravidelná oscilace početnosti populace.

U podzimních odchyťů byl nalezen signifikantní pozitivní korelační koeficient ($r^2 = 0,417$ - Obr. 4) pro původní data i pro data zlogaritmovaná a po odstranění trendu ($r^2 = 0,367$ - Obr. 6) a to u intervalu pěti let v obou případech. Pro pouze zlogaritmovaná data pravidelná oscilace nalezena nebyla (viz příloha Obr. 5).

Obr. 4 Autokorelační analýza – podzimní odchyt



Obr. 6 Autokorelační analýza – podzimní odchyt – model1 (log, detrend)



4.1.2. Model č. 2

Pro model 2 byla vybrána tato data: pro jarní odchyt - všichni jedinci (přezimovavší a tohoroční) a pro podzimní odchyty také všichni jedinci (adulti+subadulti). Pro obě skupiny byly sestaveny časové řady jak pro původní data, zlogaritmovaná data tak pro data zlogaritmovaná a po odstranění trendu. Ve všech případech jsou z grafů patrné fluktuace. Přítomnost pravidelnosti oscilace byla testována pomocí autokorelační analýzy opět pro všechny tři formy početnosti hrabošů.

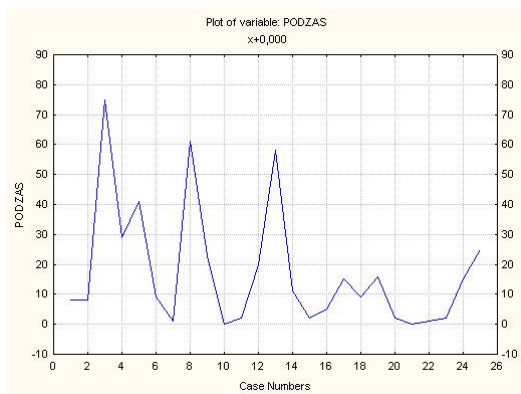
V datech z jarních odchytů nebyla ani v jednom případě překročena hranice konfidenčního intervalu. Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána (viz příloha Obr. 7, Obr 8, Obr. 9)

U dat z podzimních odchytů byla přítomnost periodicity potvrzena pouze u původních dat data, která vykazují signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,472$) a to u intervalu pěti let (Obr. 10). V ostatních případech (zlogaritmovaná data a zlogaritmovaná detrendovaná data) nebyla hranice konfidenčního intervalu překročena a nebyla tedy na těchto datech pravidelná oscilace prokázána (viz příloha Obr. 11, Obr. 12).

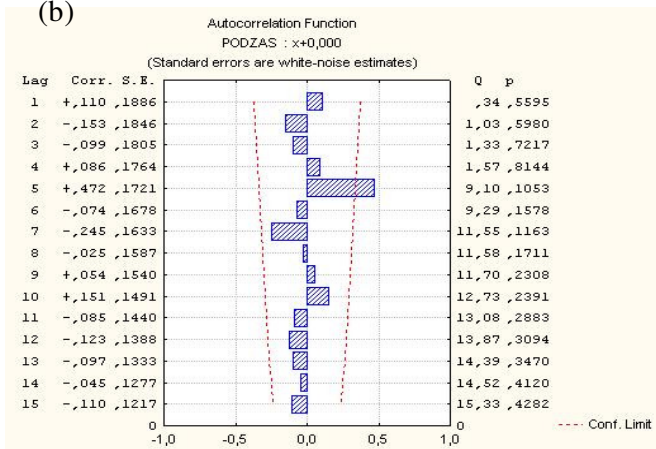
Hypotézu H_{10} se tedy podařilo vyvrátit celkově ve třech případech a je možno konstatovat, že početnost populace hraboše mokřadního v Krušných horách vykazuje pravidelné změny - populační oscilace (H_{1A}).

Obr. 10 Autokorelační analýza – podzimní odchyt - model2

(a)



(b)



4.2. OTÁZKA Č. 2 (PŘI H_{1A}) - MAJÍ NA POPULAČNÍ CYKLUS HRABOŠE MOKŘADNÍHO V KRUŠNÝCH HORÁCH VLIV MÍSTNÍ KLIMATICKÁ DATA NEBO INDEX SEVEROATLANTICKÉ OSCILACE (NAO)?

4.2.1. Vliv místních klimatických podmínek na počty hrabošů

4.2.1.1. Model č. 1

Data byla rozdělena jako u modelů k otázce č. 1, tzn., že z jarních odchytů byli vybráni pouze přezimovavší jedinci a z podzimních odchytů byli vybráni pouze subadultní jedinci. Tyto počty odchycených zvířat byly zlogaritmovány. Jako proměnné byly testovány: průměrné měsíční teploty, délka sněhové pokrývky, konec sněhové pokrývky podle vymezeného předodchytového období (viz výše). Pro jarní odchyt byl navíc testován počet zvířat chycených na podzim předchozího roku a pro podzimní odchyt byl testován počet zvířat chycených na jaře toho roku.

Pomocí GLM – FS byly vybrány následující proměnné nejlépe vysvětlující početnost přezimovavších zvířat na jaře v jednotlivých letech (Tab. 1): průměrná teplota v prosinci ($P = 0,059$), květnu ($P = 0,050$) a listopadu ($P = 0,126$). Model vysvětluje 19 % variability, je ale těsně neprůkazný ($P = 0,067$).

Početnost subadultních zvířat na podzim nejlépe vysvětluje průměrná měsíční teplota v březnu, avšak s neprůkaznou hladinou významnosti ($P = 0,14$) – viz Tab. 2.

Tab. 1. Model č. 1 pro jarní odchyt (pouze přezimovavší): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Z analýzy vyšel prosinec a květen na hranici průkaznosti a listopad neprůkazně

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-2,1016	-0,6234	0,1325	0,5989	1,9694
Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	t value	P(> t)
(Intercept)	5,829	1,6538	3,525	0,00213
prosinec	0,2745	0,1371	2,002	0,05904
květen	-0,2958	0,1421	-2,082	0,05036
listopad	-0,2277	0,1425	-1,598	0,12561

Residual standard error: 1.18 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.2955, Adjusted R-squared: 0.1899
F-statistic: 2.797 on 3 and 20 DF, p-value: 0.0666

Tab. 2. Model č. 1 pro podzimní odchyt (pouze subadulti): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Z analýzy vyšel pouze březen a to neprůkazně.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,5063	-0,669	0,2633	0,552	1,5477
Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	t value	P(> t)
(Intercept)	0,27498	0,2082	1,321	0,2
březen	0,13607	0,08892	1,53	0,14

Residual standard error: 0.9032 on 23 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.0924, Adjusted R-squared: 0.05293
F-statistic: 2.341 on 1 and 23 DF, p-value: 0.1396

4.2.1.2. Model č. 2

V tomto modelu byly opět použity celkové počty odchycených zvířat jak u zvířat z jarního odchyty tak u zvířat z podzimního odchyty, které byly také opět zlogaritmovány. Jako nezávislé proměnné byly testovány: průměrné měsíční teploty podle výše uvedených předodchyťových období, dále délka sněhové pokrývky, konec sněhové pokrývky, pro jarní odchyty počet zvířat chycených na podzim předchozího roku a pro podzimní odchyt počet zvířat chycených na jaře toho roku.

Pomocí GLM byly vybrány následující proměnné nejlépe vysvětlující početnost zvířat na jaře v jednotlivých letech (Tab. 3) – průkazný vyšel prosinec ($P = 0,028$), ale květen ($P = 0,071$) a listopad ($P = 0,079$) vyšly již jako neprůkazné. Model vysvětluje 23% variability a je celkově průkazný ($P = 0,041$).

Celkové počty zvířat odchycených na podzim v jednotlivých letech nejlépe vysvětlují průměrné teploty v říjnu, červenci, červnu a březnu (Tab. 4). Jako průkazné vyšly: říjen ($P = 0,0091$), červenec ($P = 0,0169$) a červen ($P = 0,0187$). Březen vyšel neprůkazně ($P = 0,1081$). Celý model vysvětluje 40% variability a je jasně průkazný ($P = 0,0061$).

Tab. 3 Model č. 2 pro jarní odchyty (adulti+subadulti): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Z analýzy vyšel jako průkazný prosinec, ale květen a listopad vyšly jako neprůkazné.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,5298	-0,3749	0,1287	0,3637	1,0227
Coefficients:				
	Estimate	std. Error	t value	Pr(>/t)
(Intercept)	2,97371	0,9417	3,158	0,00495
prosinec	0,18511	0,07807	2,371	0,0279
kveten	-0,15417	0,0809	-1,906	0,07117
listopad	-0,15006	0,08111	-1,85	0,07916
Residual standard error: 0.6718 on 20 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.3314, Adjusted R-squared: 0.2311				
F-statistic: 3.305 on 3 and 20 DF, p-value: 0.04125				

Tab. 4 Model č. 2 pro podzimní odchyty (adulti + subadulti): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Z analýzy vyšly průkazně červenec, říjen, červen, neprůkazně vyšel březen.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,21439	-0,35901	0,02502	0,32704	1,03343
Coefficients:				
	Estimate	std. Error	t value	Pr(/t)
(Intercept)	8,45863	2,00262	4,224	0,000417
cervenec	-0,18185	0,06978	-2,606	0,016906
rijen	-0,23237	0,08051	-2,886	0,009132
cerven	-0,25382	0,09914	-2,56	0,018666
brezen	0,10352	0,06154	1,682	0,108076
Residual standard error: 0.5972 on 20 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.4974, Adjusted R-squared: 0.3968				
F-statistic: 4.947 on 4 and 20 DF, p-value: 0.006149				

4.2.2. Vliv NAO na počty hrabošů

4.2.2.1. Model č. 1

V tomto modelu jsou ke statistické analýze z jarních odchytů vybráni pouze přezimovavší jedinci a z podzimních odchytů pouze subadulti. Počty odchycených zvířat byly zlogaritmovány. Jako nezávislé proměnné byly testovány NAO indexy jednotlivých měsíců podle výše uvedených předodchyťových období, dále délka sněhové pokrývky, konec sněhové pokrývky, pro jarní odchyty počet zvířat chycených na podzim předchozího roku a pro podzimní odchyt počet zvířat chycených na jaře toho roku.

Z analýzy GLM – FS pro jarní odchyty nevyšla žádná proměnná jako průkazná (viz Tab. 5).

U podzimních odchytů vyšly průkazně NAO index pro prosinec ($P = 0,016$) a NAO index pro březen ($P = 0,025$). Model vysvětluje 26% variability ($P = 0,014$) – viz Tab. 6.

Tab. 5 Pro model č. 1 jarní odchyt (přezimovavší): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Celý model vyšel jako neprůkazný.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,8353	-0,7367	-0,1347	0,6992	2,3988
Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	t value	P(> t)
(Intercept)	1,8353	0,2676	6,859	5,40E-07
Residual standard error: 1.311 on 23 degrees of freedom				

Table 6 pro model č.1 podzimní odchyt (subadulti): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Jako průkazné vyšly NAOprosinec a NAObřezen.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,47134	-0,45266	0,06351	0,39604	1,56955
Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	t value	P(> t)
(Intercept)	0,3003	0,175	1,716	0,1002
NAOprosinec	-0,3986	0,1534	-2,599	0,0164
NAObrezen	0,4074	0,1692	2,407	0,0249
Residual standard error: 0.7984 on 22 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.3217, Adjusted R-squared: 0.2601				
F-statistic: 5.218 on 2 and 22 DF, p-value: 0.01397				

4.2.2.2. Model č. 2

U tohoto modelu jsou k analýzám použity celkové počty odchycených hrabošů. Jejich počty byly opět zlogaritmovány. Jako nezávislé proměnné byly testovány NAO indexy jednotlivých měsíců podle výše uvedených předodchyťových období, dále délka sněhové pokrývky, konec sněhové pokrývky, pro jarní odchyty počet zvířat chycených na podzim předchozího roku a pro podzimní odchyt počet zvířat chycených na jaře toho roku.

Pro jarní odchyty byl vybrán pouze NAO index pro prosinec a to neprůkazně ($P = 0,094$). Model vysvětluje 8% variability ($P = 0,094$) – Tab. 7.

Pro podzimní odchyty vyšly z analýzy jako významné následující NAO indexy: prosinec ($P = 0,010$), březen ($P = 0,069$), listopad ($P = 0,101$) a červenec ($P = 0,175$). Průkazný je pouze NAO index pro prosinec a tomu odpovídá i celý model, který vysvětluje 22% a je těsně neprůkazný ($P = 0,06296$) – viz Tab. 8.

Tab. 7 Model č. 2 pro jarní odchyt (všechna zvířata): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Vyšel pouze NAO prosinec, ale neprůkazně.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,6044	-0,4396	-0,0293	0,4778	1,4882
Coefficients:				
	Estimate	std. Error	t value	Pr(/t)
(Intercept)	0,7447	0,1505	4,949	5,9605
NAOprosinec	0,2419	0,1381	1,752	0,0936

Residual standard error: 0.7339 on 22 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.1225, Adjusted R-squared: 0.08261
F-statistic: 3.071 on 1 and 22 DF, p-value: 0.09362

Tab. 8 Model č. 2 pro podzimní odchyt (všechna zvířata): Jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Jako průkazný vyšel pouze NAO prosinec. NAO březen, NAO listopad a NAO červenec vyšly jako neprůkazné.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,30701	-0,20843	0,01845	0,439	1,28287
Coefficients:				
	Estimate	std. Error	t value	Pr(/t)
(Intercept)	0,6648	0,1564	4,251	0,000391
NAOprosinec	-0,4779	0,1676	-2,852	0,009864
NAObrezen	0,2812	0,1461	1,924	0,06869
NAOlistopad	0,3324	0,1936	1,717	0,101342
NAOcervenec	-0,1967	0,1397	-1,408	0,174533

Residual standard error: 0.6807 on 20 degrees of freedom
Multiple R-squared: 0.3471, Adjusted R-squared: 0.2165
F-statistic: 2.658 on 4 and 20 DF, p-value: 0.06296

4.2.3. Porovnání vlivu MTK a NAO indexu na počty hrabošů

4.2.3.1. Model č. 1

U modelu č. 1. jsou z jarních odchyťů vybráni pouze přezimovavší jedinci, z podzimních odchyťů pak pouze subadultní jedinci. Počty vybraných zvířat byly zlogaritmovány. Jako proměnné byly testovány teploty v jednotlivých měsících podle výše uvedených předodchyťových období, dále délka sněžové pokrývky, konec sněžové pokrývky a zároveň NAO index pro jednotlivé měsíce podle uvedené sezóny, pro jarní odchyty počet zvířat chycených na podzim předchozího roku a pro podzimní odchyt počet zvířat chycených na jaře toho roku.

Použitím GLM – FS byly pro jarní odchyty vybrány následující proměnné: měsíční teploty pro prosinec, květen, listopad a index NAO pro červenec. Z toho průkazné byly proměnné prosinec ($P = 0,040$), květen ($P = 0,025$) a listopad ($P = 0,039$), ale index NAO pro červenec průkazný nebyl ($P = 0,083$). Celý model vysvětluje 27% variability a je průkazný ($P = 0,037$) – Tab. 9.

Pro podzimní odchyty byly do modelu vybrány následující proměnné – NAO index pro prosinec, NAO index březen a měsíční teplota pro červen. Z toho průkazná proměnná byla pouze NAO index pro březen ($P = 0,011$), NAO index pro prosinec ($P = 0,057$) byl na hranicích průkaznosti a neprůkazně vyšla průměrná měsíční teplota pro červen ($P = 0,074$). Model vysvětluje 34% variability a je celkově vysoce průkazný ($P = 0,009$) – Tab. 10.

Tab. 9 Model č.1 pro jarní odchyt (adulti): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Jako průkazné vyšly prosinec, květen, listopad, neprůkazný vyšel NAOčervenec.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-2,3243	-0,76289	0,00309	0,65504	1,89156
Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	t value	P(> t)
(Intercept)	6,4157	1,5971	4,017	0,000737
prosinec	0,2856	0,1299	2,199	0,040437
květen	-0,3311	0,1358	-2,439	0,024736
listopad	-0,3187	0,1437	-2,218	0,038903
NAOčervenec	0,4346	0,2376	1,829	0,083141
Residual standard error: 1.116 on 19 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.401, Adjusted R-squared: 0.2749				
F-statistic: 3.18 on 4 and 19 DF, p-value: 0.03696				

Tab. 10 Model č.1 pro podzimní odchyt (subadulti): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Jako průkazný vyšel NAO prosinec a NAO březen, červen vyšel jako neprůkazný.

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,30476	-0,62581	0,06906	0,38454	1,38096
Coefficients:				
	Estimate	Std.Error	t value	P(> t)
(Intercept)	3,1349	1,5153	2,069	0,05109
NAOprosinec	-0,458	0,1486	-3,082	0,0565
NAObrezen	0,4523	0,162	2,793	0,01091
červen	-0,213	0,1132	-1,882	0,07377
Residual standard error: 0.7559 on 21 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.4196, Adjusted R-squared: 0.3367				
F-statistic: 5.061 on 3 and 21 DF, p-value: 0.008562				

4.2.3.2. Model č. 2

Do tohoto modelu jsou vybrána všechna odchycená zvířata jak pro analýzy jarních odchyťů, tak podzimních. Jejich počty byly zlogaritmovány. Jako nezávislé proměnné byly testovány průměrné teploty jednotlivých měsíců podle předodchyťového období uvedeného v metodice, dále délka sněhové pokrývky, konec sněhové pokrývky a NAO indexy pro jednotlivé měsíce stejně jako u průměrných teplot, pro jarní odchyty pak počet zvířat chycených na podzim předchozího roku a pro podzimní odchyty počet zvířat chycených na jaře toho roku.

Z analýzy GLM – FS pro jarní odchyty vyšly následující proměnné – průměrné teploty pro prosinec, květen, listopad a NAO index pro červenec. Z toho jako průkazné se projevíly: prosinec ($P = 0,019$), květen ($P = 0,038$) a listopad ($P = 0,026$) a jako neprůkazný NAO index pro prosinec ($P = 0,099$). Model vysvětluje 30% variability a je celkově průkazný ($P = 0,027$) – Tab. 11.

Pro podzimní odchyty byly vybrány následující proměnné – průměrné teploty pro červenec, říjen, červen, březen, NAO index pro září, NAO index srpen, NAO březen, NAO červenec, průměrná teplota pro únor, NAO leden, teplota duben, teplota listopad, teplota srpen, NAO prosinec, NAO listopad, NAO duben, NAO květen. Ačkoliv je hladina významnosti vysoce průkazná ($P = 0.0006$), velký počet výsledných proměnných ukazuje na slabý model, který není příliš věrohodný – viz Tab. 12.

Tab. 11 Model č. 2 pro jarní odchyt (všechna zvířata): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Jako průkazné vyšly prosinec, květen, listopad a neprůkazně NAO index pro červenec

Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-1,2112	-0,31433	0,02935	0,40737	0,93277
Coefficients:				
	Estimate	std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	3,29305	0,91633	3,594	0,00194
prosinec	0,19116	0,0745	2,566	0,01892
kveten	-0,17337	0,07791	-2,225	0,03836
listopad	-0,19958	0,08242	-2,421	0,02563
NAOcervenec	0,23657	0,13634	1,735	0,09891
Residual standard error: 0.6404 on 19 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.4229, Adjusted R-squared: 0.3014				
F-statistic: 3.48 on 4 and 19 DF, p-value: 0.02707				

Tab. 12 Model č. 2 pro podzimní odchyt (všechna zvířata): jednotlivé měsíce byly testovány pomocí Forward stepwise. Velký počet měsíců svědčí o tom, že model je slabý.

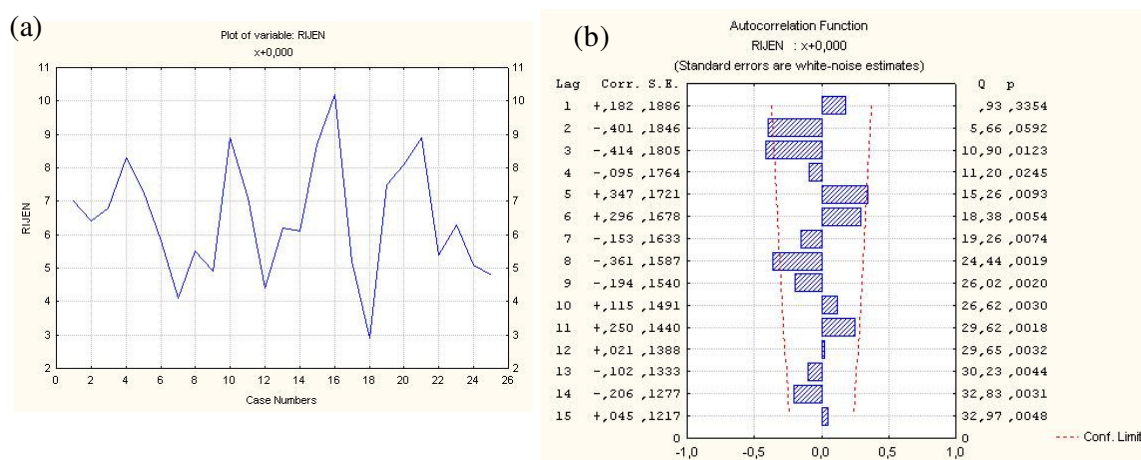
Residuals:				
Min	1Q	Median	3Q	Max
-0,30539	-0,07287	0,02947	0,08942	0,18417
Coefficients:				
	Estimate	std. Error	t value	Pr(t)
(Intercept)	12,73894	2,4764	5,144	0,001333
cervenec	-0,32523	0,05769	-5,637	0,000785
rijen	-0,35235	0,11105	-3,173	0,015648
cerven	-0,53712	0,09368	-5,734	0,00071
brezen	0,28698	0,04296	6,68	0,000283
NAOzari	-0,2504	0,07205	-3,475	0,010334
NAOsrlen	-0,61259	0,15366	-3,987	0,005278
NAObrezen	-0,37799	0,11009	-3,433	0,010933
NAOcervenec	0,45684	0,09961	4,586	0,002525
unor	0,0466	0,02916	1,598	0,153985
NAOleden	0,49873	0,11021	4,525	0,002715
duben	0,16716	0,0438	3,816	0,006574
listopad	-0,15338	0,04586	-3,345	0,01234
srlen	0,09946	0,06624	1,501	0,176934
NAOprosinec	-0,54125	0,19393	-2,791	0,026873
NAOlistopad	0,5167	0,20242	2,553	0,037958
NAOduben	-0,20212	0,09684	-2,087	0,075275
NAOkveten	0,13306	0,09152	1,454	0,18932
Residual standard error: 0.2297 on 7 degrees of freedom				
Multiple R-squared: 0.974, Adjusted R-squared: 0.9108				
F-statistic: 15.41 on 17 and 7 DF, p-value: 0.0005964				

4.2.4. Oscilace klimatických parametrů

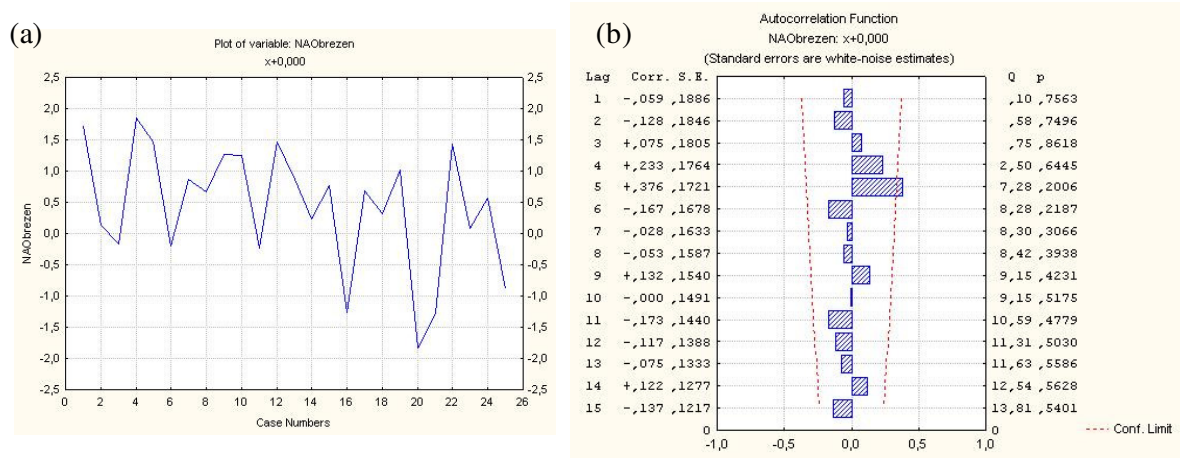
Pomocí autokorelační analýzy jsme zjišťovali cykličnost jednotlivých proměnných, které prošli analýzou GLM – FS jako průkazné. Jedná se o tyto proměnné: průměrná teplota v březnu, květnu, červenci, srpnu, říjnu a prosinci a dále index NAO pro březen a index NAO pro prosinec.

Pro jednotlivé proměnné byly sestaveny časové řady, které ve všech případech vykazovaly určitou fluktuaci (Obr. 13 – Obr. 28). Totéž bylo provedeno pro jejich zlogaritmované hodnoty. Autokorelační analýza prokázala pravidelnou oscilaci u těchto měsíců: říjen – vykazuje signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,347$) v intervalu 5 let (Obr. 21b), NAO index pro březen – vykazuje signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,376$) v intervalu 5 let (Obr. 25b), NAO index pro prosinec – vykazuje signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,320$) v intervalu 13 let (Obr. 27b).

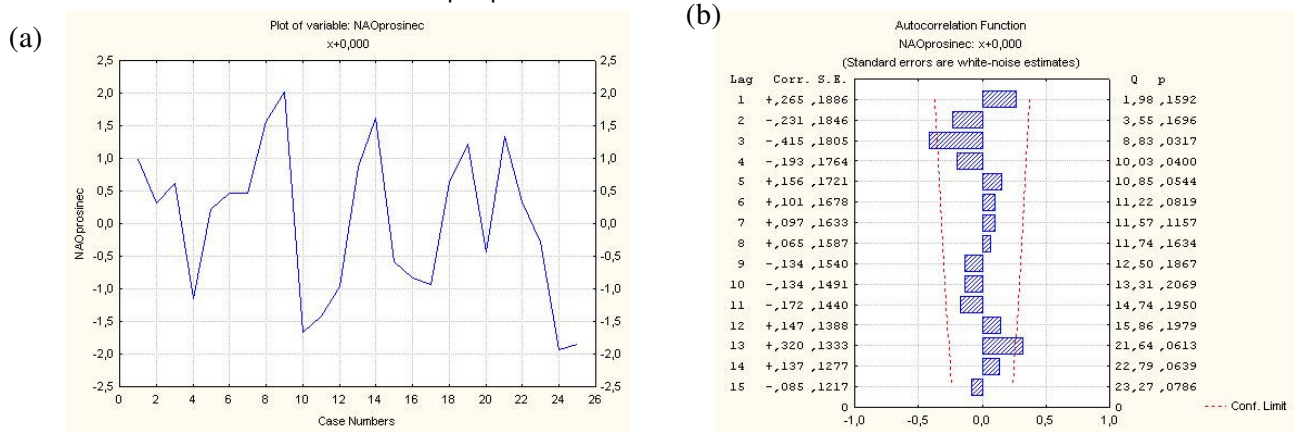
Obr. 21 Autokorelace říjnových hodnot



Obr. 25 Autokorelace indexu NAO pro březen

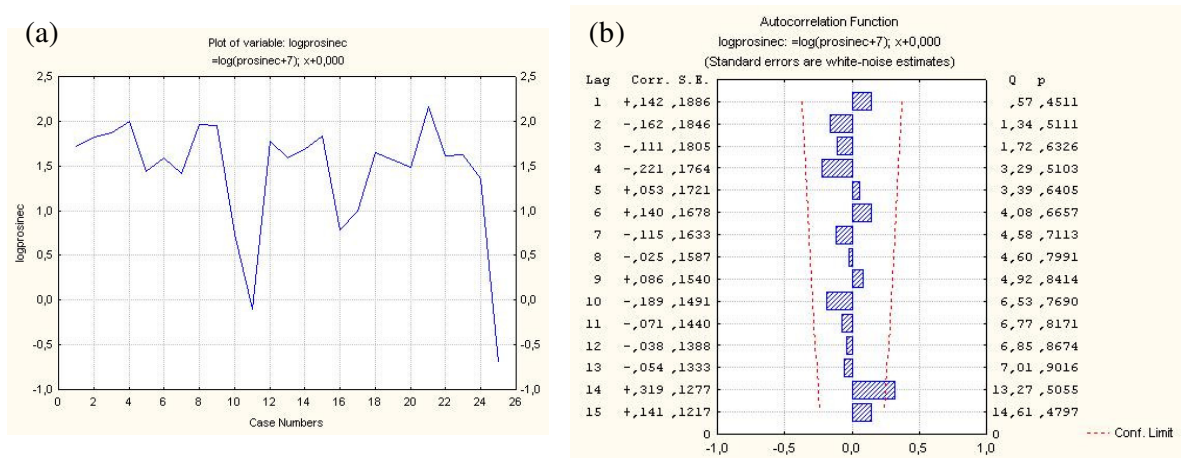


Obr. 27 Autokorelace indexu NAO pro prosinec

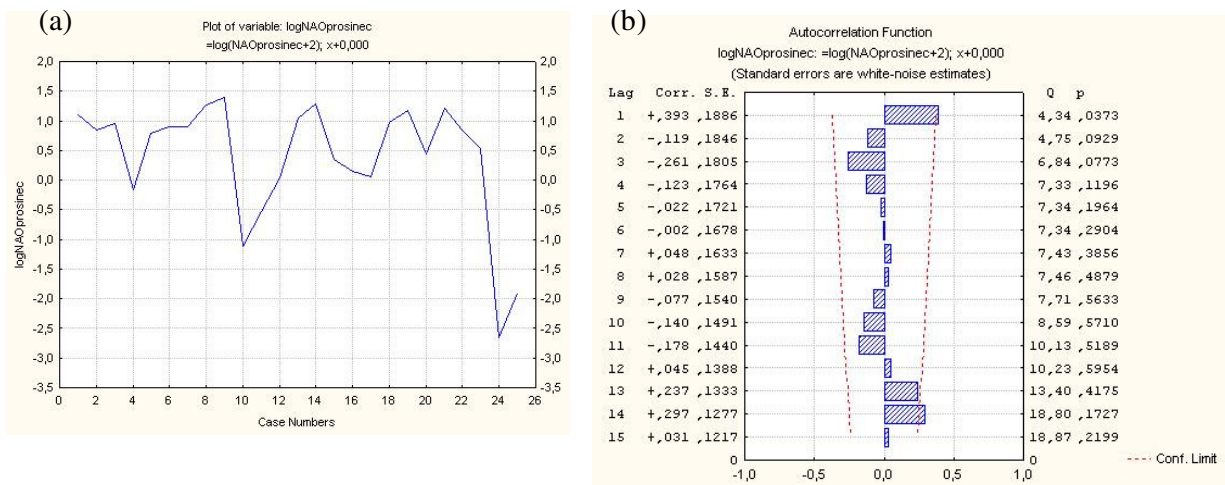


Ze zlogaritmovaných hodnot vyšly jako cyklické prosincové hodnoty – průměrná teplota vykazuje signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,319$) v intervalu 14 let (Obr. 24b) a prosincový NAO index – vykazuje signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,297$) také v intervalu 14 let (Obr. 28b).

Obr. 24 Autokorelace zlogaritmovaných prosincových teplot



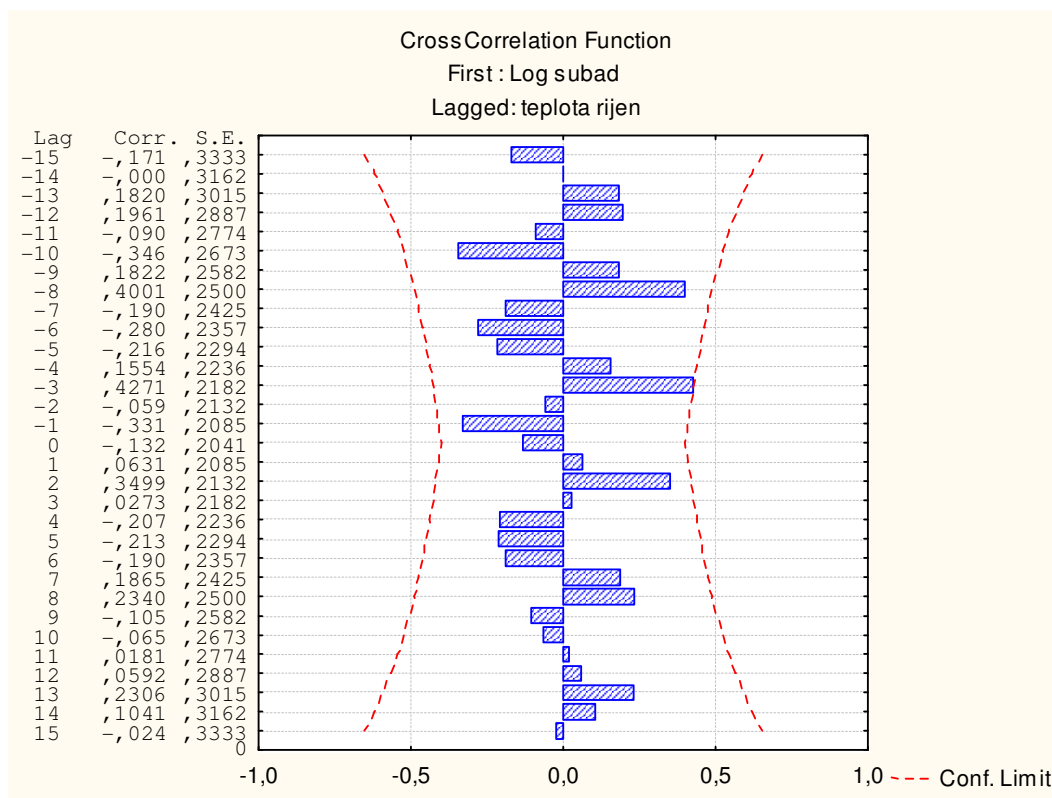
Obr. 28 Autokorelace zlogaritmovaných hodnot indexu NAO pro prosinec



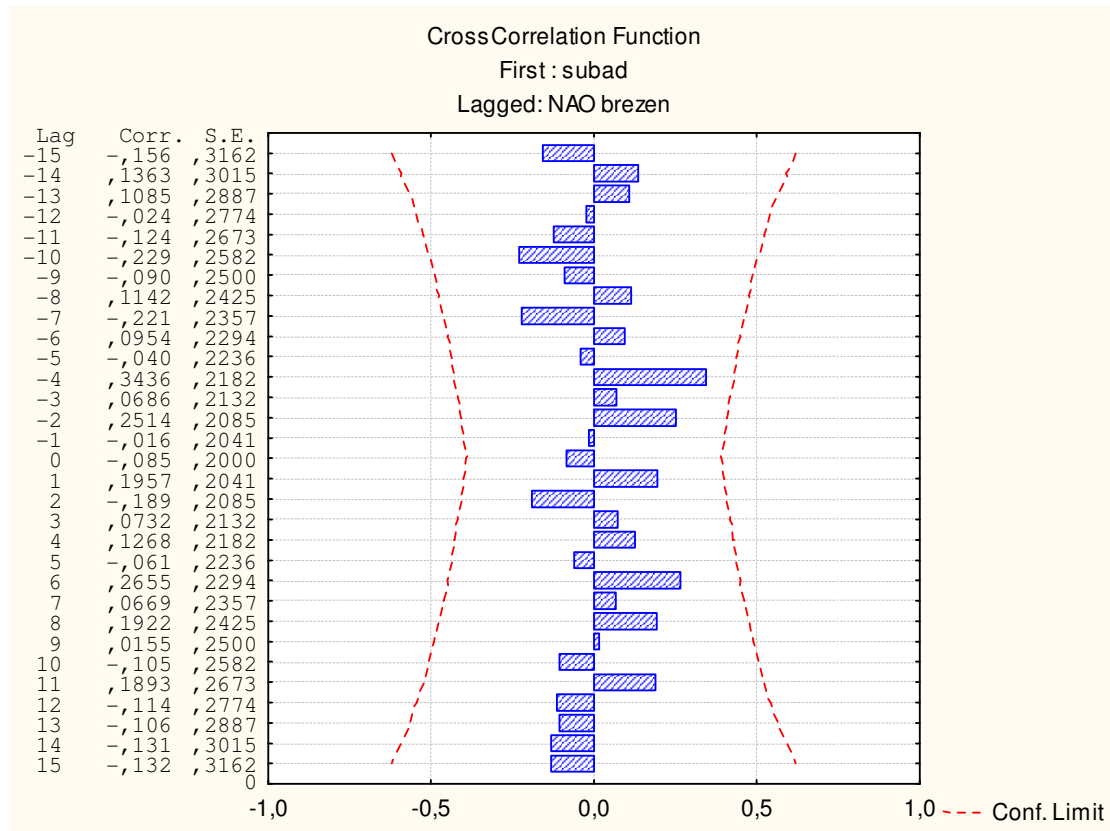
4.2.5. Vzájemné korelace (cross-correlation) dat

Pomocí vzájemné korelace jsme zjišťovali vazbu klimatických proměnných, které prošly předcházejícími statistickými procedurami, na počty hrabošů z podzimních odchytů. Autokorelační analýza prokázala pravidelnou pětiletou oscilaci u října (Obr. 21b) a NAO indexu pro březen (Obr. 25b). Tyto dva měsíce byly vzájemně korelovány s celkovým počtem odchycených hrabošů (Obr. 29 a 30).

Obr. 29 Vzájemná korelace mezi zlogaritmovaným počtem subadultních hrabošů a průměrnou teplotou v říjnu



Obr. 30 Vzájemná korelace mezi počtem subadultních hrabošů a průměrným indexem NAO pro březen



Na obou obrázcích (Obr. 29 a 30) je vidět zachování pětileté cykličnosti, i když žádná samostatná korelace nepřekračuje konfidenční limit. Ve stejném roce, tzn. že $Lag = 0$, je korelace mezi počtem hrabošů a hodnotami obou parametrů slabě negativní. Počet hrabošů lépe koreluje s říjnovou teplotou posunutou o dva roky (Lag 2) před odchytem (Obr. 29). U NAO indexu počet hrabošů lépe koreluje s hodnotou indexu posunutou o jeden rok (Lag = 1) před odchytem (Obr. 30).

5. DISKUZE

Data zde zpracovaná pocházejí z výzkumu, který započal jako monitorování početnosti populace hraboše mokřadního (*Microtus agrestis*) pro efektivní lesnickou praxi (Bejček et al. 1999). Na imisních holinách totiž hraboš mokřadní našel skvělé podmínky (Šťastný et al. 2010) a jeho enormně vysoké počty v gradaci silně snižovaly úspěšnost zalesňovacích akcí ohryzáváním sazenic. Tato situace nebyla specifická jen pro Krušné hory, ale prakticky pro celou sudetskou oblast (Heroldová 2002). Zpočátku ale schopnost předpovědět okamžik pro účinný zásah (těsně před gradací) byla relativně slabá, protože z několika odchytů (viz např. Obr. 1 a 4) to objektivně nebylo možné (Tkadlec 2008). Postupem času se ale podařilo přeci jen překonat labilní etapu vývoje sazenic smrku pichlavého (*Picea pungens*) a to nejen díky lesnickým zásahům ale i díky vlastnímu vývoji populace hraboše mokřadního (viz Obr. 1 a 4). Tyto změny mohly být způsobeny jak postupující velkoplošnou sukcesí od imisních holin se třtinou chloupkatou k lesnímu prostředí smrkových monokultur, tak také globálnějšími změnami klimatických podmínek (Hurrell 1995; Post et al. 1997; Hörnfeldt et al. 2004). Původní záměr se tak plynule mohl transformovat do čistě zoologického studia jedinečného modelu výrazně fluktuující populace hraboše mokřadního ve střední Evropě (Bierman et al. 2006; Tkadlec et al. 2011).

Ačkoliv od prvních publikací o populačních cyklech drobných zemních hlodavců již uplynulo téměř 90 let (Elton 1924, Tkadlec 2008) stále je tato vědní oblast plná hypotéz a poskytuje mnoho prostoru zajímavý základní výzkum. Je to pravděpodobně nejen tím, že faktorů působících současně na populaci je velké

množství, ale také tím, že předpokladem jsou dlouhé časové řady odchytů, které se nesnadno udržují. Tato 25 letá řada nepatří mezi nejdelší (Tkadlec 2008), nicméně tím, že je zde sledován hraboš mokřadní v relativně nízké zeměpisné šířce střední Evropy, je badatelská hodnota této řady velmi vysoká (Tkadlec et al. 2011).

Dosavadní studie ze severských oblastí ukazují, že je možno rozpoznat severojižní gradient, podle kterého se oscilace v početnosti zkracují a v našich šířkách by podle tohoto poznatku měly populace podléhat víceméně jen sezónním výkyvům. V případě imisních holin Krušných hor se ovšem klima spíše podobá situaci na rozhraní tundry a tajgy (viz kap. klimatické podmínky). Tomu např. odpovídají i výskyty některých druhů živočichů – potáplice na tahu na Flájské přehradě, stabilní populace tetřívka obecného, sýce rousného aj. (Šťastný et al. 2010). Pravděpodobně rozhodující je přitom nikoliv zeměpisná šířka ale spíše délka sněhové pokrývky (Hansson a Henttonen 1985, 1998; Stenseth 1999; Bierman 2006).

Z materiálu, který byl během odchytů v Krušných horách získán, byl dosud zpracován jen zlomek a jeden příspěvek byl zaměřen spíše na druhovou diverzitu drobných zemních savců (Bejček et al. 1999) a druhý na přežívání hmyzožravců v podmínkách imisemi kontaminovaného prostředí (Tomášková et al. 2005). O biologii a ekologii hraboše mokřadního zatím žádná studie z uvedeného materiálu publikována nebyla, pouze Tkadlec et al. (2011) prezentoval první výsledky analýzy cykličnosti populace hraboše mokřadního letos na Zoologické konferenci v Brně. Při zadávání diplomové práce byla proto hlavní pozornost věnována výskytu periodických fluktuací v početnosti – populačním cyklům – a jejich možnému ovlivnění ze strany klimatických parametrů prostředí.

5.1. ODCHYTY

Při studiu populační dynamiky je důležitý moment odběru vzorku a jeho reprezentativnost (Tkadlec 2008). Při zakládání polního experimentu v roce 1986 – dlouhodobého sledování stavu populace hraboše mokřadního a dalších drobných zemních savců – byly zvoleny dva odchytové termíny. Ty mají pokrýt rozhodující okamžiky pro populace drobných zemních savců mírného a subarktického pásma (Šťastný et al. 1989). Tedy jarní termín, kdy se začínají rozmnožovat přezimovavší jedinci a v populaci jsou zatím ještě jasně odlišitelní od tohoročních subadultních jedinců (Aars a Ims 2003, Lambin 2006). V nižších nadmořských výškách na našem území je to začátek května (Šťastný et al. 1989; Jánová et al. 2008), ale v horských polohách je to, díky klimatickému posunu, o dva až tři týdny později, tedy na přelomu května a června. To plně odpovídá termínu také severských odchytů (Steen 1996). Druhý termín má pak zachytit počty zvířat, které se namnožily během vegetačního období a budou víceméně vstupovat do zimního období – to jsou především subadultní jedinci z letního období. Posun termínu směrem ke konci podzimního období je omezen především přijatelným počasím pro odchyt. Začátek října je tak v Krušných horách určitým kompromisem, ale ani v jiných podmínkách se podzimní termín příliš neliší (Šťastný et al. 1989; Jánová et al. 2008; Steen et al. 1996, Stenseth 1999).

Druhým momentem je reprezentativnost odběru, kterou není jednoduché zachovat zvláště v období nízké populační hustoty – v období pesima. Dříve byla tendence pracovat pokud možno s přesnými počty jedinců, tedy populační hustotou – denzitou - vyjádřenou jako počet jedinců na plochu, většinou na hektar (Pelikán 1971, Šťastný et al. 1989) Tento postup vyžadoval dosti složitou úpravu vstupních dat, které ale nakonec na přesnosti vůbec nic nezískaly, protože se

pracovalo s velikostmi domovských okrsků, které mají proměnlivou velikost v závislosti na populační hustotě, úživnosti habitatu a dalších faktorech a jejich hodnota je těžko bezprostředně zjištělná. Mnohem jistější je zachovat po celé sledované období stejné odchytné úsilí (počet pastí a nocí) na dostatečně velké ploše, která eliminuje lokální disturbance a sníží nejistý okrajový efekt. V takovém případě pak pracujeme s relativní hustotou – abundancí, která ale především změny v početnosti zrcadlí zcela uspokojivě (Selas et al. 2001; Tkadlec et al. 2006). V našem případě jsme pracovali s materiálem, který pochází ze tří hektarových ploch vzdálených od sebe do 2 km, takže robustnost výsledného sečteného materiálu je zcela v soulase s literárními údaji (Bierman et al. 2006)

5.2. CYKLIČNOST

Prvním krokem při studiu populace, která podléhá výrazným fluktuacím v početnosti, je prověření možnosti, že kolísání je pravidelné a že početnost tedy osciluje s určitou periodou (Tkadlec 2008). V takovém případě pak můžeme z nabízejících se biotických a abiotických faktorů, které populaci víceméně řídí, vybírat v podstatě ty se stejnou periodou.

Pro stanovení uvedeného charakteru populace jsme použili autokorelační funkci ACF, která ukazuje, jak prvky časové řady vzájemně spolu korelují. Ty, které spolu korelují nejvíce, by měly určovat délku periody. Záleží ovšem také na velikosti amplitud, jak bude korelace výrazná a na celkovém trendu. My jsme proto prověřovali jak původní data, tak logaritmicky transformovaná a také po odstranění trendu, protože naším cílem bylo právě pravidelnou oscilaci nalézt. Jako původní data jsme použili v tzv. prvním modelu u jarních odchytů pouze přezimovavší

jedince a u podzimních odchytů pouze subadultní jedice. Podobný model použil např. Lima et al. (1999). V druhém modelu pak byly použity celkové počty odchycených zvířat. Slibovali jsme si od tohoto rozdělení obecně přesnější výsledky, protože uvedené kategorie zvířat procházejí rozdílnými abiotickými i biotickými podmínkami (Vlasák 1986; Aars a Ims 2002; Lambin 2006; Tkadlec 2008).

Autokorelační analýzou bylo zjištěno, že u jarních odchytů ani v jednom z uvedených modelů není v časové řadě obsažena pravidelná oscilace, zatímco u podzimních odchytů byla prokázána pravidelná změna v početnosti v obou případech. Tento poznatek zcela odpovídá tomu, že nejčastěji jsou roční časové řady reprezentovány podzimními populacemi (Stenseth 1999). Konkrétně byl stanoven pětiletý populační cyklus - dynamika druhého řádu s opožděnou závislostí na hustotě, při které se pilovitě nestřídají fáze nízké a vysoké početnosti, ale populace plynule roste a klesá přes více let (Berryman 2002; Tkadlec 2008; Tkadlec et al. 2011). Tento cyklus plně odpovídá datům, které byly zjištěny v rámci Evropy (Ostfeldt et al. 1993, Lambin et al. 2006, Inchausti et al. 2009). Cykličnost ovšem není zcela robustní a tak pravděpodobně původní data mohla vést k lepším výsledkům (Selas et al. 2001) než data zlogaritmovaná, která jsou standardně používána (Krebs 1996, Tkadlec 2008).

5.3. KLIMATICKÉ PŘÍČINY

Pokud jsou nalezeny cyklické změny samozřejmě objeví se logická otázka – co je způsobuje? Velmi diskutovaným faktorem jsou v poslední době klimatické podmínky, přičemž jejich vliv je spojován především s průběhem zimy (Stenseth et al. 2003). Zima hraje důležitou roli v populační dynamice v severních oblastech (Hansson a Henttonen 1998, 1998; Stenseth 1999; Bierman et al. 2006). Dlouhé a chladné zimy zvyšují energetický výdej a přispívají ke zvýšení mortality (Wolff 1996). Mírné zimy naopak narušují cyklickou dynamiku severních populací hlodavců (Aars a Ims 2002). Nepříznivé jsou i zimy s mírnými teplotami kvůli formujícímu se ledu na povrchu půdy (Tkadlec et al. 2006). Podle Vlasáka (1986) jsou to ale převážně jarní a podzimní podmínky, které určují početnosti hlodavců. Letní období může mít vliv na populace hrabošů v souvislosti s extrémními suchy, kdy dochází k úbytku potravy a tím ke snížení intenzity rozmnožování (Vlasák 1986). Toto je ale možné, vzhledem ke klimatickým podmínkám Krušných hor, téměř s jistotou vyloučit – viz kap. klimatické podmínky.

Testovala jsem jak vliv místních klimatických podmínek po celý rok tak i vliv severoatlantické oscilace opět pro oba dva zmíněné modely, kdy byly vytvořeny pro podzimní a pro jarní odchyty zvláštní před-odchytové řady měsíců, které by mohly ovlivnit početnost chycených zvířat. Z místních klimatických podmínek byly testovány průměrné měsíční teploty, délka sněhové pokrývky v jednotlivých letech a počet zvířat v předcházejícím odchytu pomocí statistické analýzy GLM - Forward stepwise. Tkadlec et al. (2006) např. navíc testoval srážky, my jsme je ale z analýzy vyloučily pro jejich stabilitu v dané oblasti. V obou modelech vyšly pro jarní odchyty průkazně prosinec a květen. Prosinec patří mezi nejchladnější měsíce, může tedy výrazně ovlivňovat mortalitu během zimy a tím ovlivnit

strukturu populace na začátku reprodukčního období (Aars a Ims 2002). V květnu může v této nadmořské výšce ještě ležet sněhová pokrývka, což by mohlo zkomplikovat začátek reprodukce. Kritické teplotní události během zimy a brzy z jara mohou dramaticky ovlivnit přežívání drobných savců (Merritt a Merritt 1978, Boonstra a Rodd 1983). Pro druhý model v podzimním odchyty byly vybrány statistikou průměrné měsíční teploty pro červenec, říjen, a červen, což jsou měsíce, během kterých se zvířata narodila a rostla - nejvíce tedy ovlivnily jejich přežívání těsně před odchylem. Pravděpodobný mechanismus je možno si představit prostřednictvím energetické bilance – na jedné straně vliv teploty prostředí na dostatečnou nabídku potravy a na druhé straně vliv prostředí na termoregulaci zvířat.

Vliv Severoatlantické oscilace byl zkoumán pomocí indexu NAO pro jednotlivé měsíce stejným způsobem jako pro místní klimatická data se stejnou před-odchytovou řadou měsíců. Vliv indexu NAO na jarní početnosti nevyšel ani v jednom modelu průkazně, zatímco pro oba podzimní modely vyšel průkazně prosincový NAO index a pro první model navíc NAO index pro březen. Z těchto výsledků by se dalo usuzovat, že severoatlantická oscilace nejvíce ovlivňuje početnosti hrabošů právě během prosince.

Tyto měsíce vysvětlují početnosti v jednotlivých letech, abych zjistila jejich vliv na cykličnost, testovala jsem je autokorelační analýzou na přítomnost pravidelné oscilace. Ta se projevila u průměrné měsíční teploty pro říjen a indexu NAO pro březen a to v intervalu pěti let. Oba dva tyto parametry byly zjištěny pro podzimní odchty, kde byla stanovena cykličnost ve stejném intervalu. Tkadlec et al. (2006) testoval korelační analýzou vliv NAO i místních klimatických dat pouze u zimních měsíců (prosinec – březen) a zjistil, že roční změny v zimním NAO indexu

významně korelují s odpovídajícími změnami v zimních teplotách v České republice. Korelace mezi zimním NAO indexem a rychlostí růstu byla pozitivní (Tkadlec et al. 2006).

Metodou Forward stepwise jsem testovala, která z dat mají výraznější vliv na početnosti hrabošů. Z této analýzy je patrné, že vliv místních klimatických podmínek je poněkud silnější než vliv severoatlantické oscilace, což není nijak v rozporu s předchozím poznatkem Tkadlece et al. (2006), neboť vliv NAO se mění s ročním obdobím a je i lokálně různý (Pokorná et al. 2007). Navíc konkrétně na hraboše mokřadního, který žije v zemních norách a zimu přečkává v aktivním stavu pod sněhem, mohou mít místní klimatické podmínky a NAO celkově spíše slabší vliv (Tkadlec et al. 2006).

K finálnímu prověření vazby klimatických parametrů a početnosti hraboše jsme použily tzv. vzájemnou korelaci (cross-correlation), která prověřuje podobně jako autokorelace všechny členy časové řady, v tomto případě ovšem dvou paralelních – početnosti hraboše a klimatického parametru. Tyto analýzy nepřinesly průkaznou vazbu nicméně je v nich možno rozpoznat pětileté oscilace a lehce výraznější vazbu mezi klimatickým parametrem (teplota v říjnu, index NAO pro březen) a početností hraboše ale o rok zpožděnou. V současnosti jsou tyto vazby řešeny také tzv. fázovou analýzou, pokud amplitudy časových řad nejsou výrazné (Cazelles a Stone 2003). To ale v tomto případě podle našeho názoru nenastalo.

Závěrem je tedy třeba konstatovat, že byla nalezena u hraboše mokřadního v Krušných horách pravidelná pěti letá fluktuace početnosti populace. Podle výsledků analýz se ale na jejím řízení nepodílí dominantně, žádný sledovaný klimatický parametr. V ekologických studiích to ovšem nemusí být známkou

chybného výběru parametrů, protože rozkrytí mechanismů a dominantních faktorů je vždy vzhledem ke složitosti deterministických a stochastických procesů velmi obtížný úkol (Turchin 2002).

6. ZÁVĚR

Pomocí autokorelační analýzy bylo zjištěno, že hraboš mokřadní v Krušných horách vykazuje pětileté populační cykly. Jako nejlépe vyhovující data pro zjišťování populačních cyklů jsou ta z podzimních odchytů v obou dvou modelech, jak pro výběr pouze subadultních zvířat, tak pro celkový počet všech chycených zvířat. Počty zvířat z jarních odchytů nevykazují žádnou pravidelnou oscilaci. Je tedy možno konstatovat, že byla vyvrácena nulová hypotéza a že platí: hypotéza alternativní: Početnost populace hraboše mokřadního v Krušných horách vykazuje pravidelné změny - populační cykly. Stanoven byl pětiletý interval.

Klimatická data získaná z meteorologické stanice v Krušných horách a měsíční indexy severoatlantické oscilace (NAO) byly testovány nejdříve pomocí zobecněných lineárních modelů (GLM) postupem Forward stepwise (FS). Zjištěno bylo, které proměnné nejlépe vysvětlují početnost hrabošů v jednotlivých letech. Jako průkazné vyšly tyto proměnné: průměrná teplota v březnu, květnu, červenci, srpnu, říjnu a prosinci a dále index NAO pro březen a index NAO pro prosinec. Tyto proměnné, stejně jako početnost hrabošů, byly testovány na svou cykličnost pomocí autokorelační analýzy. Na základě této analýzy byly stanoveny klimatické parametry se shodnou oscilací jakou má početnost populace hraboše mokřadního: průměrná měsíční teplota v říjnu a NAO index pro březen. Ostatní měsíce vysvětlují pouze početnost nebo mají jiné, většinou delší, oscilace.

Z analýzy vlivu na početnost hrabošů vzešla jako nejprůkaznější místní klimatická data. Mají tedy pravděpodobně větší a bezprostřednější vliv než severoatlantické oscilace. Podle vysvětlované variability ovšem celkový vliv

klimatických podmínek na populační cykly hrabošů bude slabý. To se pravděpodobně také prokázalo při vzájemné korelaci početnosti hrabošů a klimatických parametrů. Na dvou parametrech je ukázáno, že shodná cykličnost ještě nepřináší silnou korelaci do jednoho roku. Korelace jsou neprůkazné a posunuté o několik let.

7. LITERATURA

Aars, J., Ims, R. A. (2002): Intrinsic and climatic determinants of population demography: The winter dynamics of tundra voles. *Ecology* 83: 3449-3456.

Alexandersson, H. (2002): Temperature and precipitation in Sweden 1860-2002. SMHI meteorological report no. 104. Norrköping, Sweden: SMHL.

Anděra M., Beneš B. (2001): Atlas of the mammals of the Czech Republic IV. Part 1. National Museum, Prague, 156 pp. (in Czech).

Bejček V., Sedláček F., Šťastný K., Zima J. (1999): Drobní savci v imisních oblastech Krušných hor: Monitorování stavu prostředí a škody v porostech náhradních dřevin. In: Sborník konference „Problematika zachování porostů náhradních dřevin v imisní oblasti Krušných hor“, Most 1999, str. 83-88.

Berryman, A.A., (2002): Population cycles: causes and analysis. In: *Population Cycles The Case for Trophic Interaction* (Ed. A.A. Berryman), pp. 4-28. Oxford University Press, Oxford.

Berryman, A.A., (1999): Principles of population dynamics and their application Stanley Thornes Publishers Ltda., Cheltenham, UK.

Bierman, S. M., Fairbairn, J. P., Petty, S. J., Elston, D. A., Tidhar, D., Lambin, X. (2006): Changes over time in the spatiotemporal dynamics of cyclic populations of field voles (*Microtus agrestis* L.). *American Naturalist* 167: 583-590.

Bjørnstad O. N., Stenseth N. C., Saitoh T., Lingjaerde O. C. (1998): Mapping the regional transition to cyclicity in *Clethrionomys rufocanus* – spectral densities and functional data analysis. *Researches on Population Ecology* 40: 77-84.

Bjørnstad ON, Stenseth NC, Saitoh T (1999): Synchrony and scaling in dynamics of voles and mice in northern Japan. *Ecology* 80: 622–637.

Boonstra, R., Rodd, F.H. (1983): Regulation of breeding density in *Microtus pennsylvanicus*. *Journal of Animal Ecology* 52:757-780.

Cazelles B., Stone L. (2003): Detection of imperfect population synchrony in an uncertain world. *J. Anim. Ecology* 72: 953-968.

Elton C.S. (1924): Periodic fluctuations in the numbers of animals: their causes and effects. *J. Exp. Biol.* 2: 119–163. (ex Tkadlec 2008)

Forchhammer, M.C.; Clutton-Brock, T.H.; Lindström, J.; Albon, S.D. (2001): Climate and population density induce long term cohort variation in a northern ungulate. *Journal of Animal Ecology* 70, 721-729.

- Grafen** A. (1988): On the uses of data on lifetime reproductive success. *Reproductive Success* (ed. T.H. Clutton-Brock), University of Chicago Press. 454-458.
- Grenfell**, B.T., Wilson, K., Finkenstädt, B.F., Coulson, T.N., Murray, S., Albon, S.D., Pemberton, J.M., Clutton-Brock, T.H., Crawley, M.J. (1998): Noise and determinism in synchronised sheep dynamics. *Nature*, 394, 674-677.
- Hansen** T.F., Stenseth N.C., Henttonen H. (1999): Multiannual vole cycles and population regulation during long winters: an analysis of seasonal density dependence. *American Naturalist* 154: 129-139.
- Hansson** , L. (1984): Composition of cyclic and non-cyclic vole populations: on the causes of variation in individual quality among *Clethrionomys glareolus* in Sweden – *Oecologia* 63:199-206.
- Hansson**, L., Henttonen, H. (1985): Gradient in density variation of small rodents: the importance of latitude and snow cover. *Oecologia* 67: 394-402.
- Hansson**, L., Henttonen, H. (1988): Rodent dynamics as community processes. *Trends in Ecology and Evolution* 3:195-200.
- Hansson**, L., Henttonen, H. (1998): Rodent Fluctuation in Relation to Seasonality in Fennoscandia and Hokkaido. *Pes. Popul. Ecol.* 40(1): 127-129.
- Heroldová** M. (2002): Food selection of *Microtus agrestis* in air-pollution affected clearings in the Beskydy Mts, Czech Republic. *Folia Zoologica*, 51: 83-91.
- Hörnfeldt**, B. (2004): Long-term decline in numbers of cyclic voles in boreal Sweden: analysis and presentation of hypotheses. *Oikos* 107, 376-392.
- Hörnfeldt**, B., Hipkiss, T., Ulf, E. (2005): Fading out of vole and predator cycles? *Proceedings of the royal society B* 272, 2045-2049.
- Huitu**, O., Norrdahl, K., Korpimäki, E. (2004): Competition, predation and interspecific synchrony in cyclic small mammal communities. *Ecography* 27: 197-206.
- Hurrell**, J.W. (1995): Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science* 269, 676-679.
- Hurrell**, J.W. (1996): Influence of variation in extratropical wintertime teleconnections in Northern Hemisphere temperature. *Geophysical Research Letters*, 23, 665-668.
- Hurrell**, J. (2002): North Atlantic Oscillation (NAO) indices information. (<http://www.cgd.ucar.edu/wjhurrell/nao.html>.)

- Inchausti**, P., Carslake, D., Attié, C., Bretagnolle, V. (2009): Is there direct and delayed density dependent variation in population structure in a temperate European cyclic vole population? *Oikos* 118: 1201-1211.
- Jánová** E., Heroldová M., Bryja J. (2008): Conspicuous demographic and individual changes in a population of the common vole in a set-aside alfalfa field. *Ann. Zool. Fennici* 45: 39-54.
- Kapitola** P. (1999): Drobní hlodavci. Lesnická práce 12/1999.
- Krebs** C. J. (1996): Population cycles revisited. *Journal of Mammalogy* 77: 8-24.
- Krebs** C.J., Myers J.H. (1974): Population cycles in small mammals. *Advances in Ecological Research*. Acad. Press, New York: 267-399.
- Lambin**, X., Bretagnolle, V., Yoccoz, N.G. (2006): Vole population cycles in northern and southern Europe: is there a need for different explanations for single pattern? *Journal of Animal Ecology* 75:340-349.
- Lima**, M., Keymer J.E., Jaksic, F.M. (1999): El Niño-Southern Oscillation-driven rainfall variability and delayed dependence cause rodent outbreaks in western South America: linking demography and population dynamics. *American Naturalist*. 153: 476-491.
- Losík**, J. (2007): Modelování demografických procesů v populacích drobných savců. Doktorská dizertační práce, Přírodovědecká fakulta Univerzity Palackého v Olomouci.
- Merritt**, J.F., Merritt, J.M. (1978): Population ecology and energy relationships of *Clethrionomys gapperi* in a Colorado subalpine forest. *Journal of Mammalogy* 59:576-598.
- Milner**, J.M., Elston, D.A., Albon, S.D. (1999): Estimating the contribution of population density and climatic fluctuation to interannual variation in survival of Soay sheep. *Journal of Animal Ecology*, 68, 1235-1247.
- Montuire**, S., Jacques, M. (1997): Rodents and climate. 1. A model for estimating past temperatures using Arvicolids (Mammalia: Rodents). *Palaeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, Vol. 128, issues 1-4, pages 187-206.
- Niethammer**, J., Krapp, F., (1982): *Handbuch der Säugetiere Europas*. Bd. 2/1, Rodentia I. Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden
- Ostfeld**, R.S, Canham, C.D., Pugh, S.R. (1993): Intrinsic density-dependent regulation of vole population. *Nature*. Vol 366: 259-261.
- Pelikán** J. (1971): Quadrat size and density estimates of small mammals. *Zool. listy* 20: 139-152.

Pokorná L., Beranová R., Huth R. (2007): Vztahy mezi cirkulačními mody a klimatickými prvky v České republice a jejich časová proměnlivost. *Meteorologické zprávy* 60 (3).

Post, E.; Stenseth, N.C.; Langvatn, R.; Fromentin, J.-M. (1997): Global climate change and phenotypic variation among red deer cohorts. *Proceedings of the Royal Society London B*, 264, 1317-1324.

Sedláček, F., Švecová, Z., Fuchs, R.: Drobní zemní savci šumavské mýtiny. In: *Abstr. ref. VIII. sjezdu čs. zoologů, Brno, 1991*, pp. 39-40.

Selas V., Sonerud G.A., Histøl T., Hjeljord O. (2001): Synchrony in short-term fluctuations of moose calf body mass and bank vole population density supports the mast depression hypothesis. *Oikos* 92: 271–278.

Slodičák M. (2007): Lesnické hospodaření v imisní oblasti Krušných hor. Projekt grantové společnosti Lesy České republiky

Steen, H., Ims, R. A., Sonerud, G. A. (1996): Spatial and Temporal Patterns of Small-rodent Population Dynamics at a Regional Scale. *Ecology* 77: 2365-2372.

Stenseth, N. C., Ims, R. A. (1993): Population dynamics of lemming: temporal and spatial variation – an introduction. In: *Stenseth, N. C., Ims, R. A. (eds.): The Biology of Lemmings*. Academic Press, London.

Stenseth N.C., Saitoh T. (1998): The population ecology of the vole *Clethrionomys rufocanus*. A preface. *Res. Popul. Ecol.* 40(1): 1-3.

Stenseth, N. C. (1999): Population cycles in voles and lemmings: density dependence and phase dependence in a stochastic world. *Oikos* 87: 427-461.

Stenseth, N. C., Ottersen, G., Hurrell, J.W., Mysterud, A., Lima, M., Chan, K.S., Yoccoz, N.G., Adlandsvik, B. (2003): Studying climate effects on ecology through the use of climate indices: the North Atlantic Oscillation, El Niño Southern Oscillation and beyond. *The Royal Society*.

Šťastný, K., Bejček, Pivnička K. (1989): Metody studia obratlovců. In: *Dykyjová et al. (eds), Metody studia ekosystémů*. Academia, Praha.

Šťastný, K., Bejček, V., Zárybnická, M., Hanel, J., Hýlová, A., Juras, R., Kouba, M., Slámová, P., Svobodová, J., Tomášek, V., (2010): Využití predátorů v biologickém boji s drobnými hlodavci ve vyhlášených ptačích oblastech na Krušných horách. *Lesy České republiky*.

Tkadlec E. (2008): Populační ekologie: struktura, růst a dynamika populací. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc.

Tkadlec E., Bejček V., Flousek J., Šťastný K., Zima J., Hřindová V., Sedláček F. (2011): Populační cykly hraboše mokřadního v České republice. In: Bryja J., Řehák Z., Zúkal J. (eds), Sborník abstraktů z konference „Zoologické dny Brno 2011, str. 229.

Tkadlec, E., Stenseth, N. C. (2001): A new geographical gradient in vole population dynamics. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 268: 1547-1552.

Tkadlec, E., Zbořil, J., Losík, J., Gregor, P., Lisická, L. (2006): Winter climate and plant productivity predict abundances of small herbivores in central Europe. *Climate Research*, 32: 99-108.

Tomasi T.E., Horton T.H. (1992): *Mammalian Energetics*. Cornell University Press.

Tomášková, L., Bejček, V., Sedláček, F., Šťastný, K., Tkadlec, E., Zima, J., (2005): Population biology of shrews (*Sorex araneus* and *S. minutus*) from a polluted area in central Europe. In: Merritt, J.F. et al. (eds): *Advances in the Biology of Shrews II*. Int. Soc. Shrew Biologists, pp. 189-197.

Turchin P. (2002): *Complex Population Dynamics*. Princeton University Press, Princeton.

Vlasák, P. (1986): *Ekologie savců*. Academia, Praha.

Wolff, J.O. (1996): Coexistence of white-footed mice and deer mice may be mediated by fluctuating environmental condition. *Oecologia* 108:529-533.

Internetové zdroje:

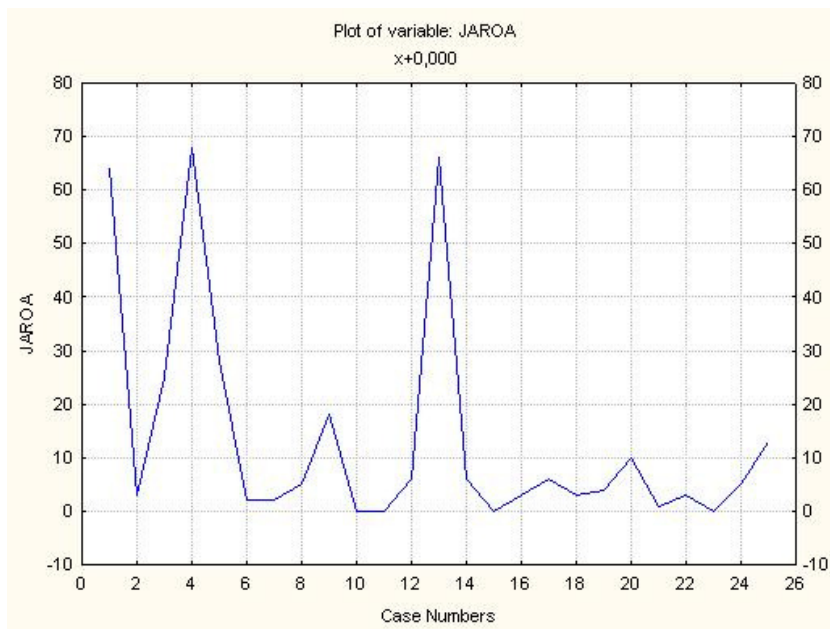
National Weather Service – Climate Prediction Center
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>

8. PŘÍLOHY

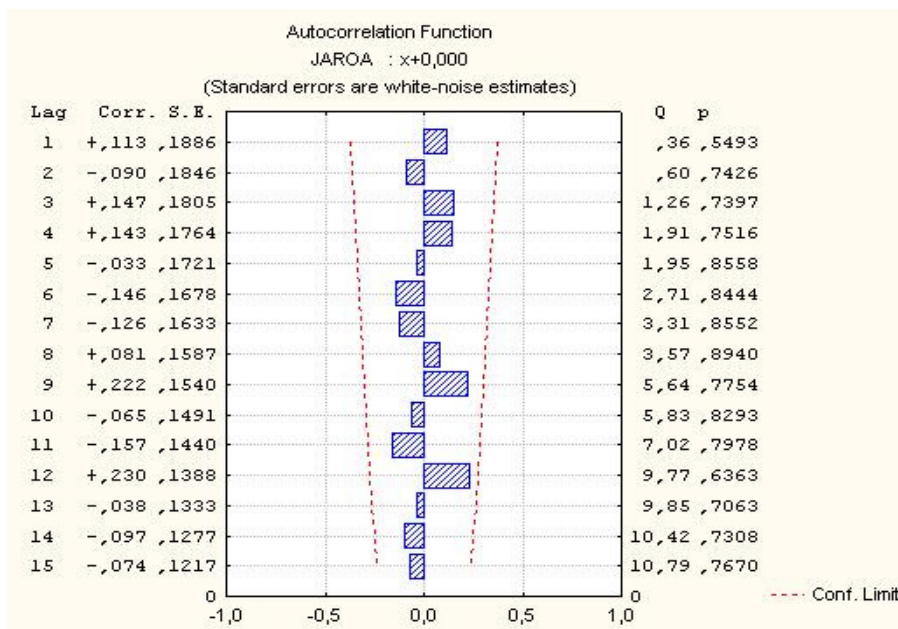
MODEL Č. 1

Obr. 1

(a)



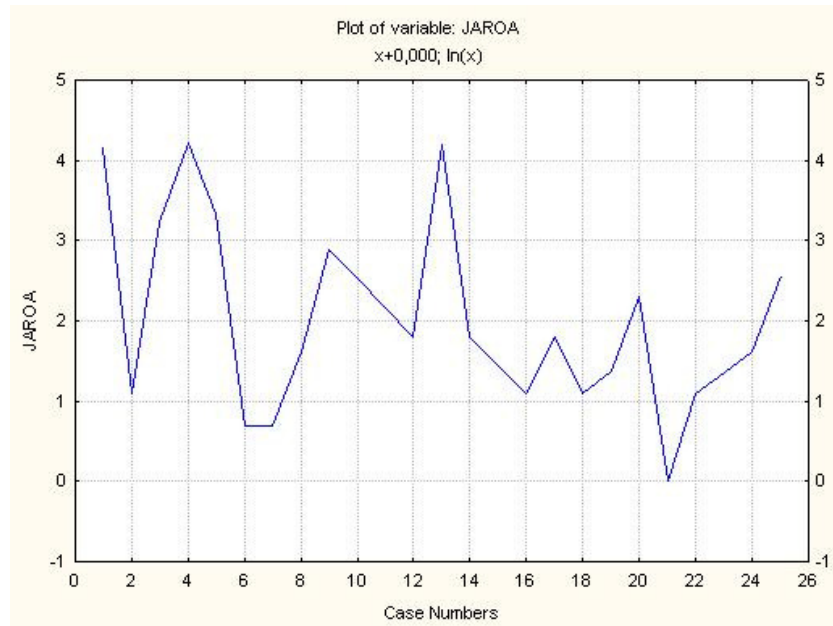
(b)



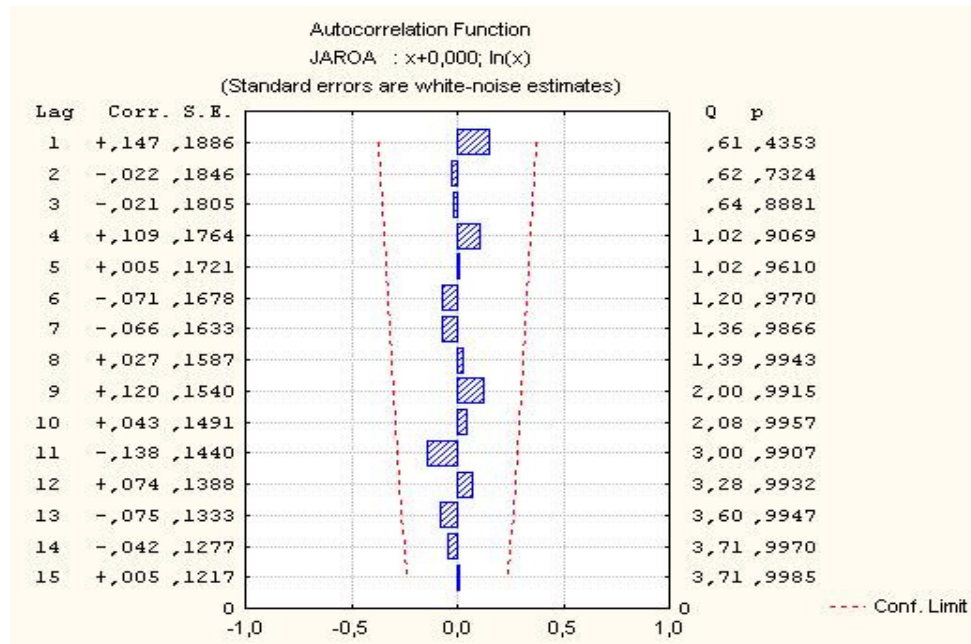
Obr. 1 Z počtu odchycených adultních zvířat na jaře v jednotlivých letech byla sestavena časová řada pomocí Time series. Z grafu jsou patrné fluktuace populace (obr 1a). Přítomnost periodicity v populaci byla testována autokorelační analýzou. Žádná jednotka nepřesáhla hranici konfidenčního intervalu, tzn. že nebyla prokázána pravidelná oscilace (Obr 1b).

Obr. 2

(a)



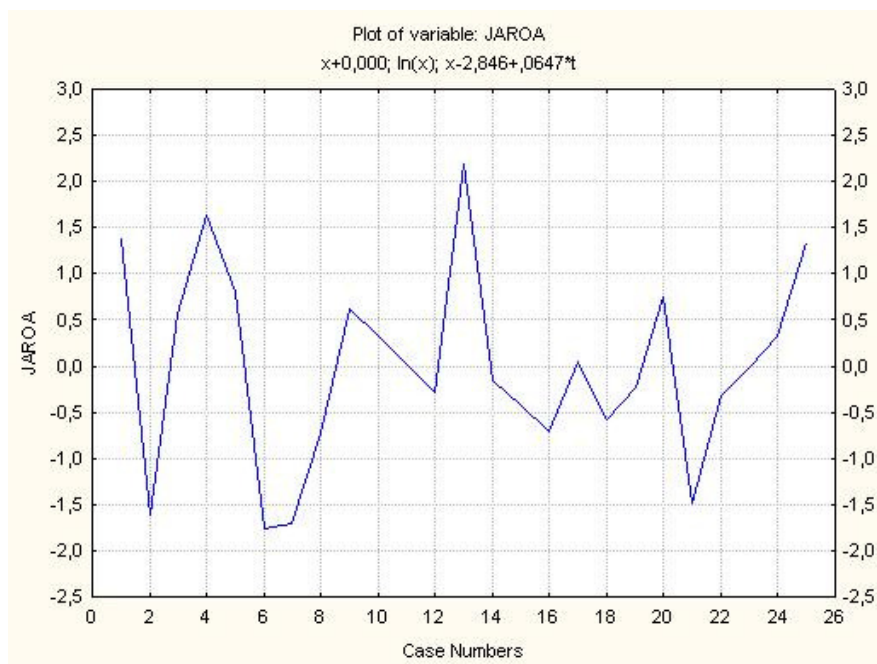
(b)



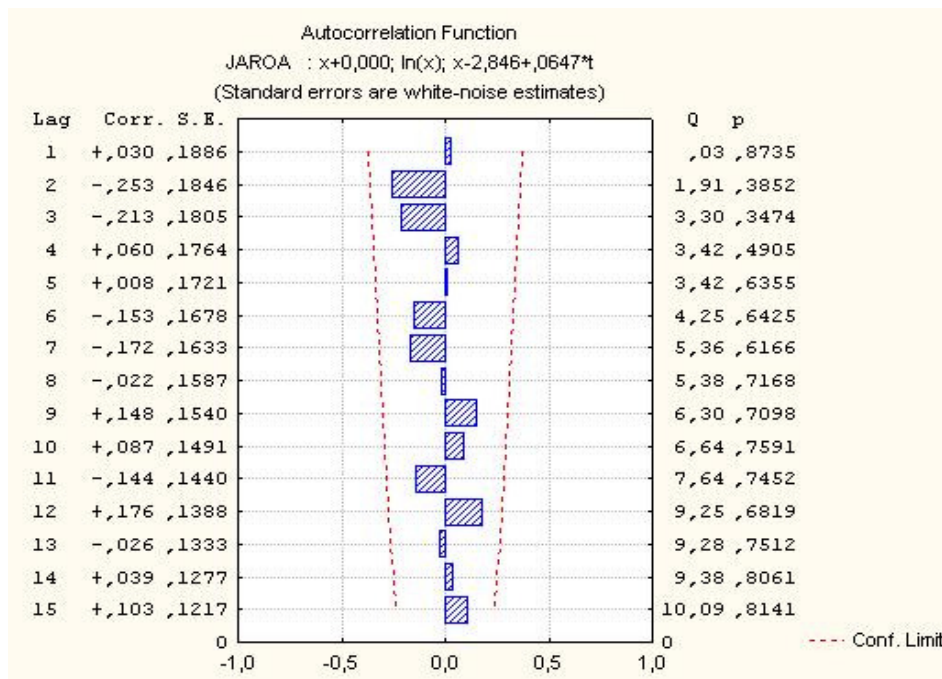
Obr. 2 Počty odchycených adultů na jaře byly zlogaritmovány a pomocí Time series byl vytvořen graf vykazující fluktuaci populace (Obr. 2a). Přítomnost periodicity v populaci byla testována autokorelační analýzou. Žádná jednotka nepřesáhla hranici konfidenčního intervalu, tzn. že nebyla prokázána pravidelná oscilace (Obr. 2b)

Obr. 3

(a)



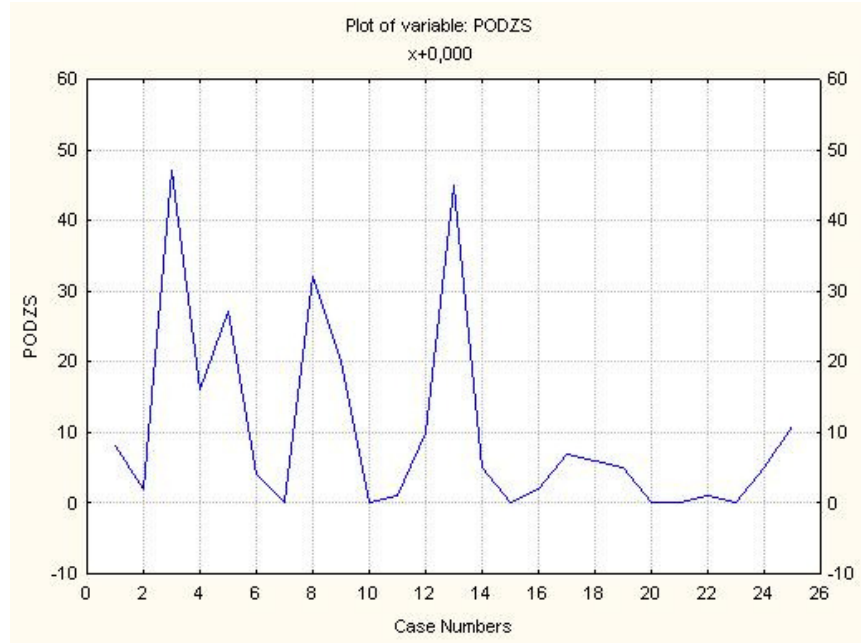
(b)



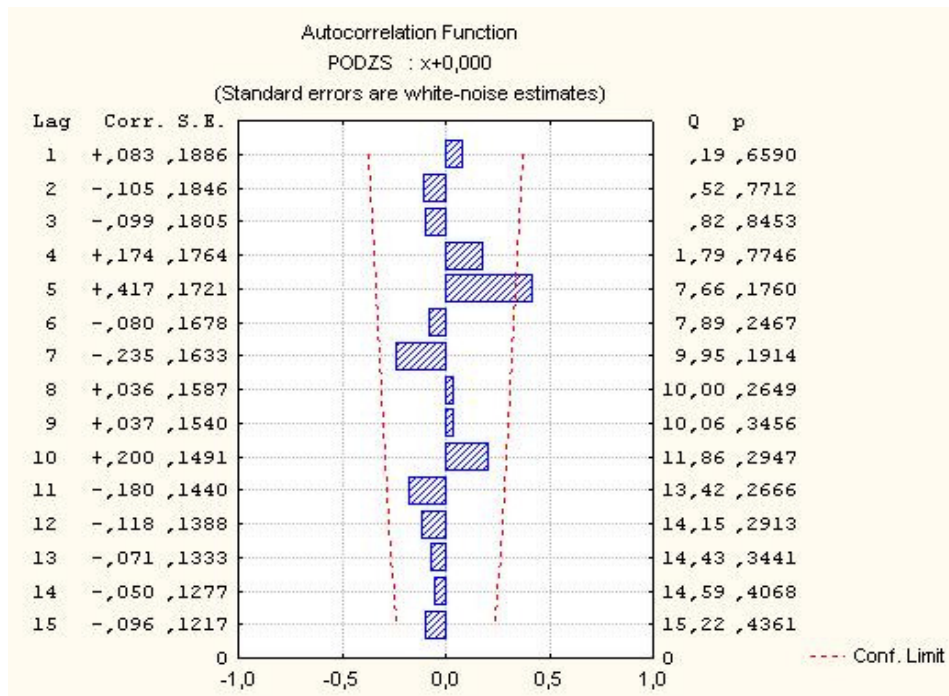
Obr. 3 Počty adultů z jarních odchyť v jednotlivých letech byly zlogaritmovány a detrendovány. Pomocí Time series byly sestaveny časové řady a graf vykazující fluktuaci populace (Obr. 3a). Přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Žádná z jednotek nepřesáhla hranici konfidenčního intervalu, tzn. že nebyla prokázána pravidelná oscilace (Obr. 3b)

Obr. 4

(a)



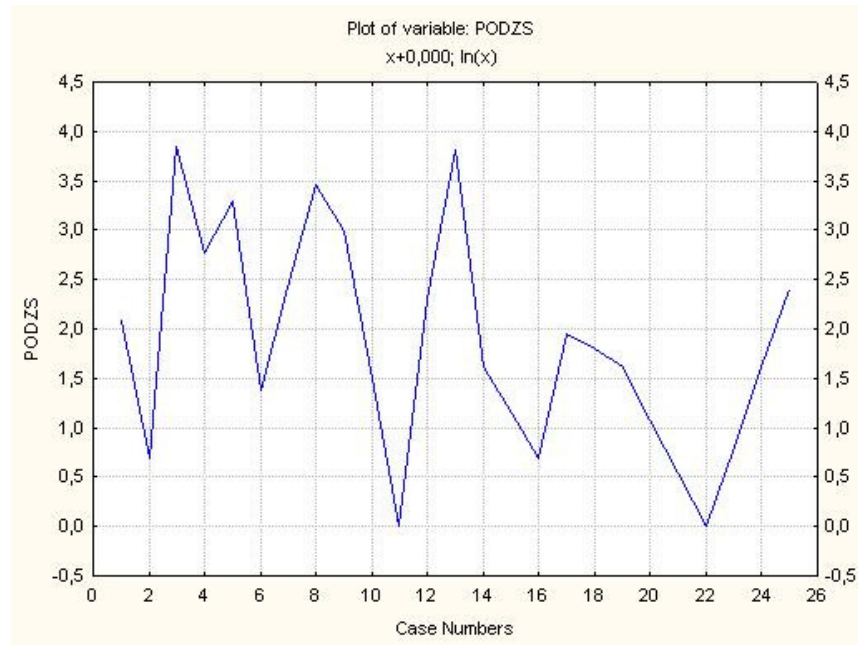
(b)



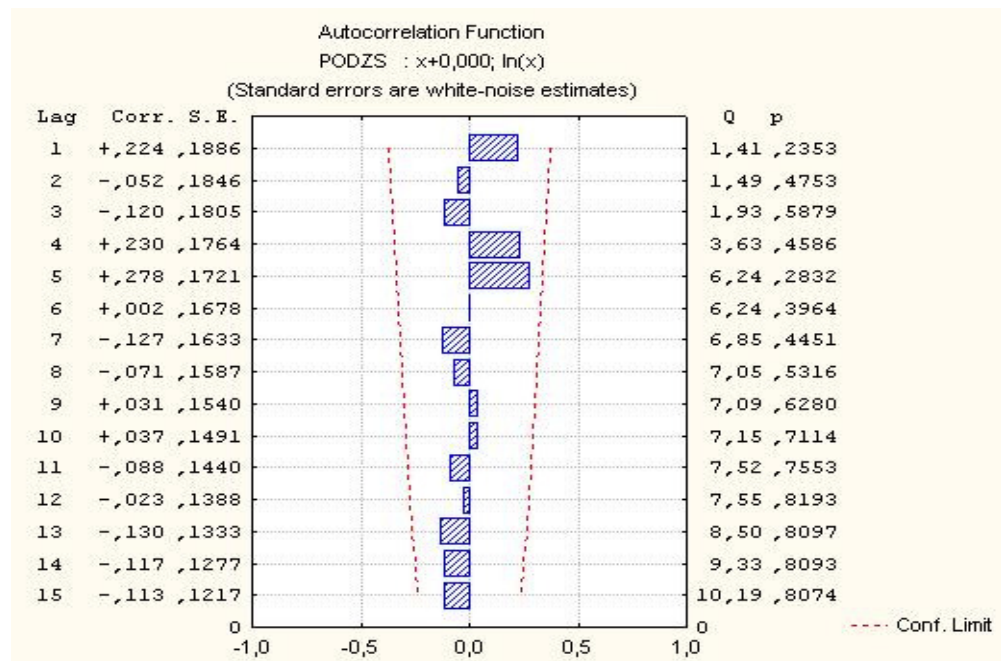
Obr. 4 Pro počty subadultních jedinců z podzimních odchyťů v jednotlivých letech byla sestavena časová řada pomocí Time series. Z grafu jsou patrné fluktuace populace (Obr. 4a), přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Ta vykazuje v pátém roce signifikantní pozitivní korelační koeficient ($r^2 = 0,417$, $p = 0,1760$) (Obr. 4b)

Obr. 5

(a)



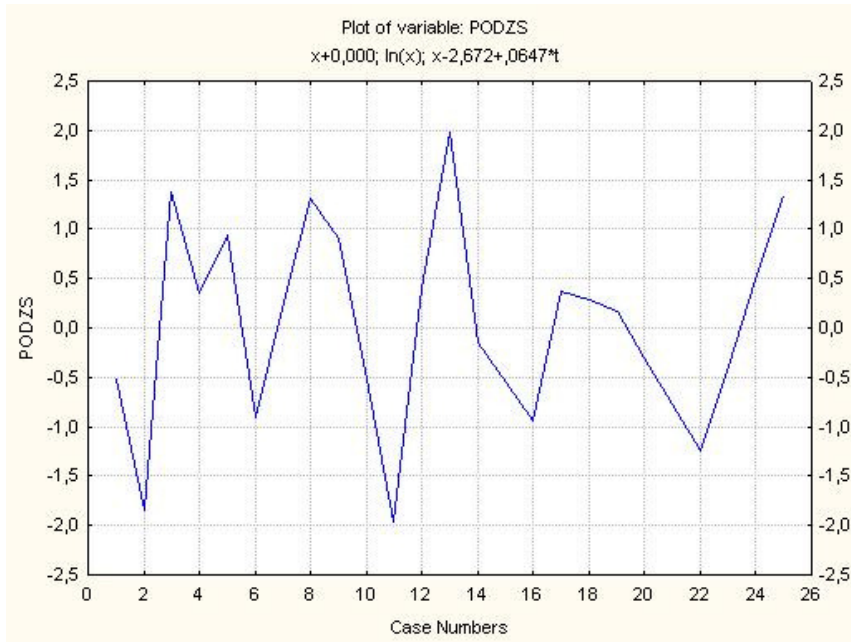
(b)



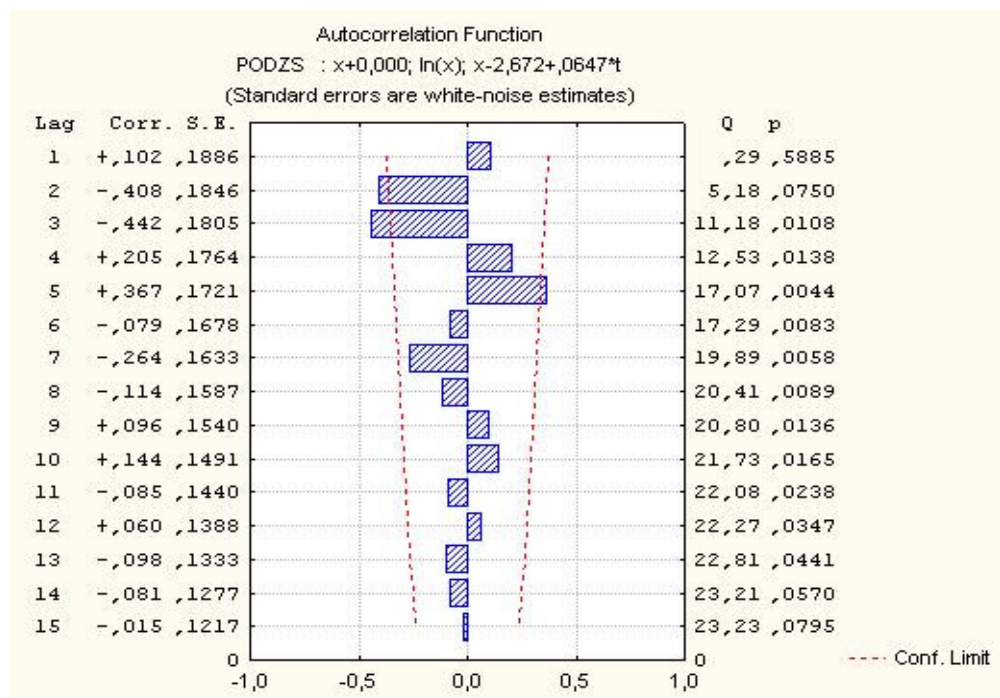
Obr. 5 Počty subadultních jedinců z podzimních odchyťů byly zlogaritmovány a následně pro ně byla sestavena časová řada pomocí Time series. Z grafu jsou patrné fluktuace populace (Obr. 5a). Přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 5b), tzn. že nebyla prokázána pravidelná oscilace.

Obr. 6

(a)



(b)

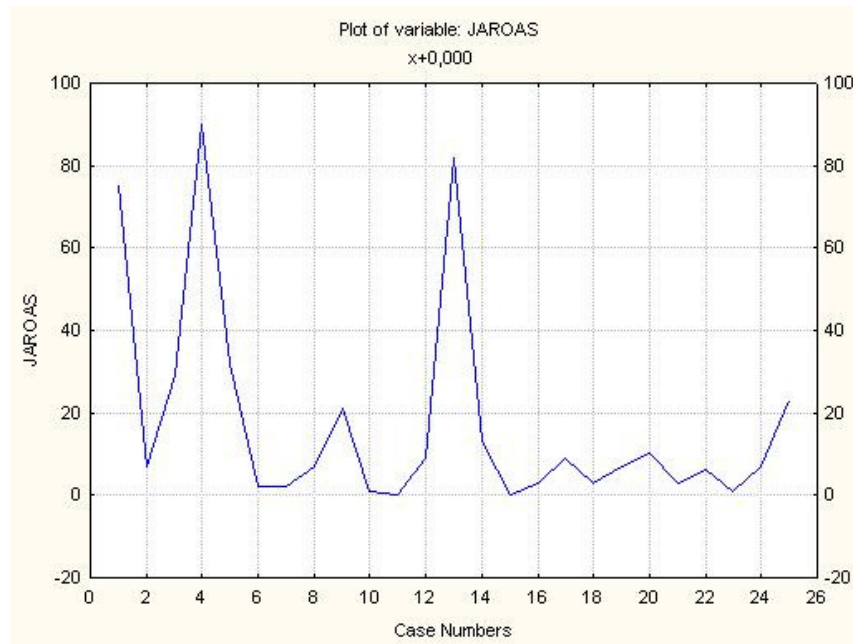


Obr. 6 Počty subadultů chycených na podzim byly zlogaritmovány a detrendovány, následně byla sestavena časová řada pomocí Time series. Z grafu je patrná fluktuace populace (Obr. 6a). Přítomnost periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Ta vykazuje v pátém roce signifikantní pozitivní korelační koeficient ($r^2 = 0,367$; $p = 0,0044$) (Obr. 6b).

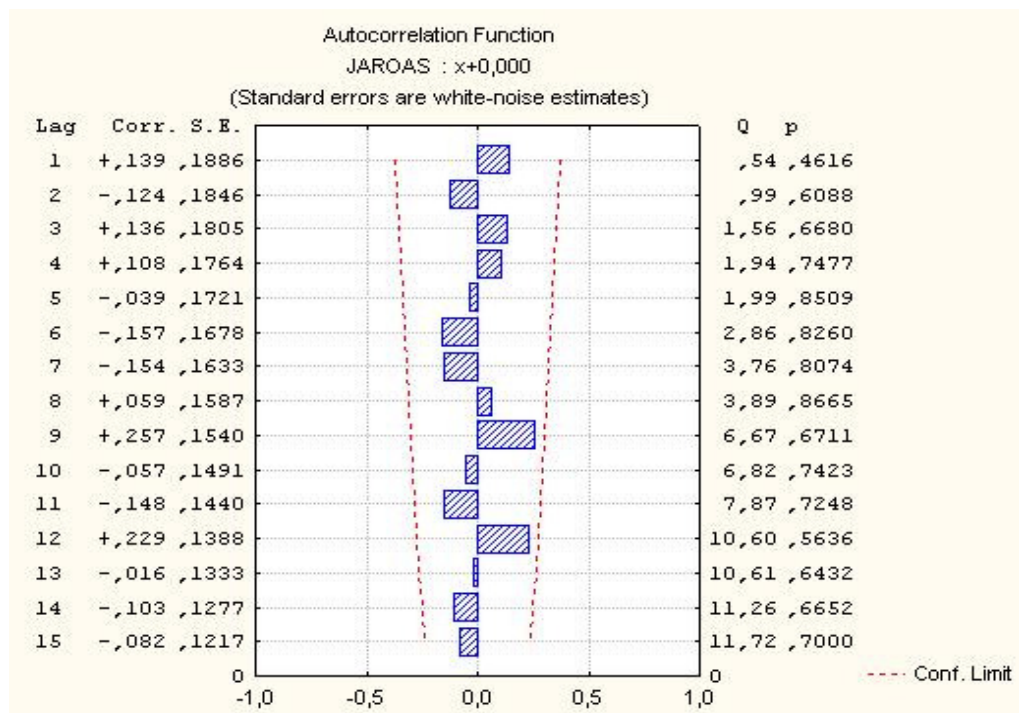
MODEL Č. 2

Obr. 7

(a)



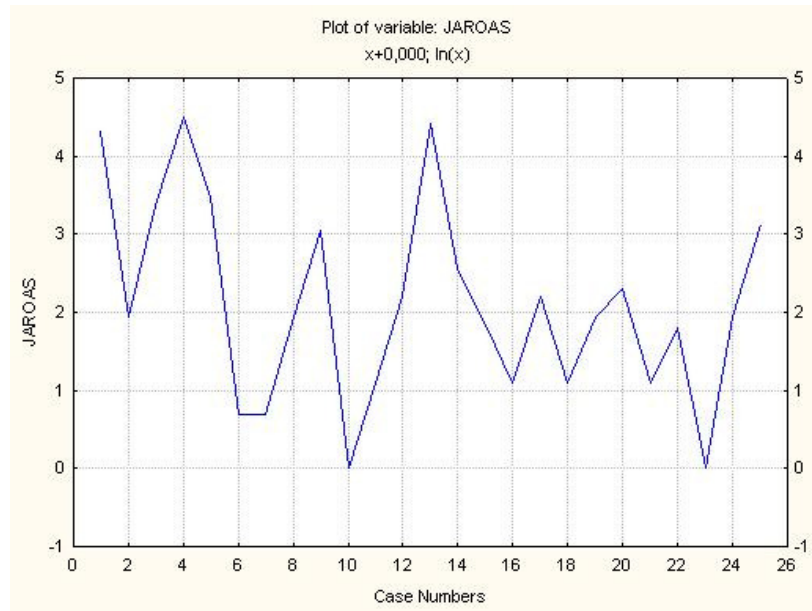
(b)



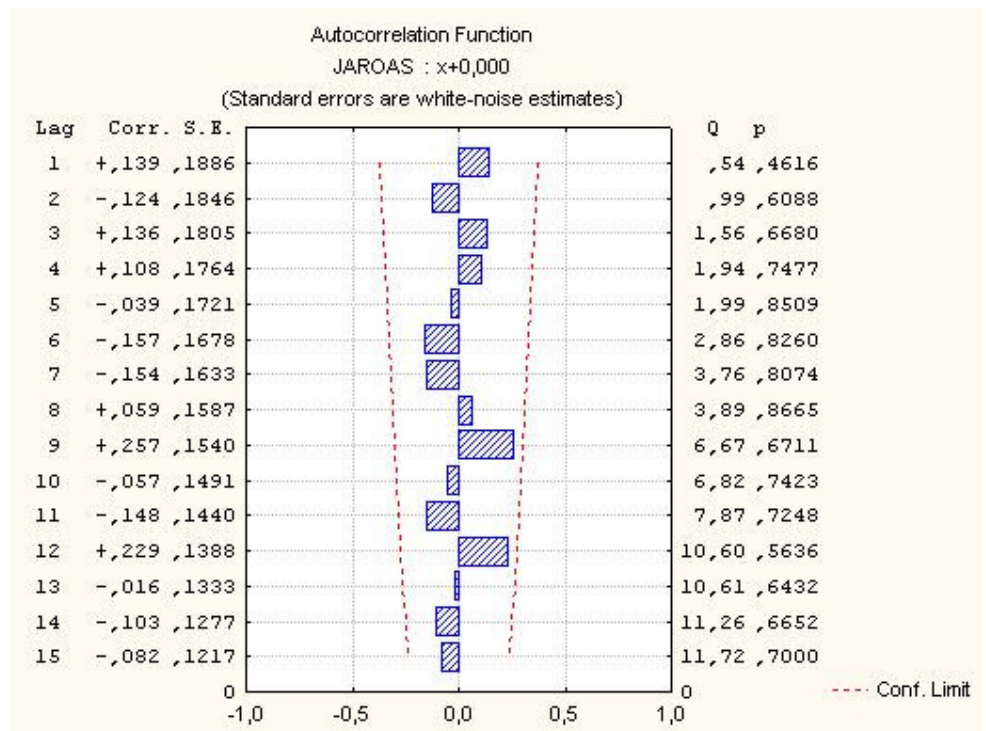
Obr. 7 Pro celkový počet zvířat chycených na jaře byla sestavena časová řada pomocí Time series. Z výsledného grafu jsou patrné fluktuace populace (Obr. 7a). Přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Žádná z jednotek nepřekročila konfidenční interval (Obr. 7b), tzn. že nebyla prokázána pravidelná oscilace

Obr. 8

(a)



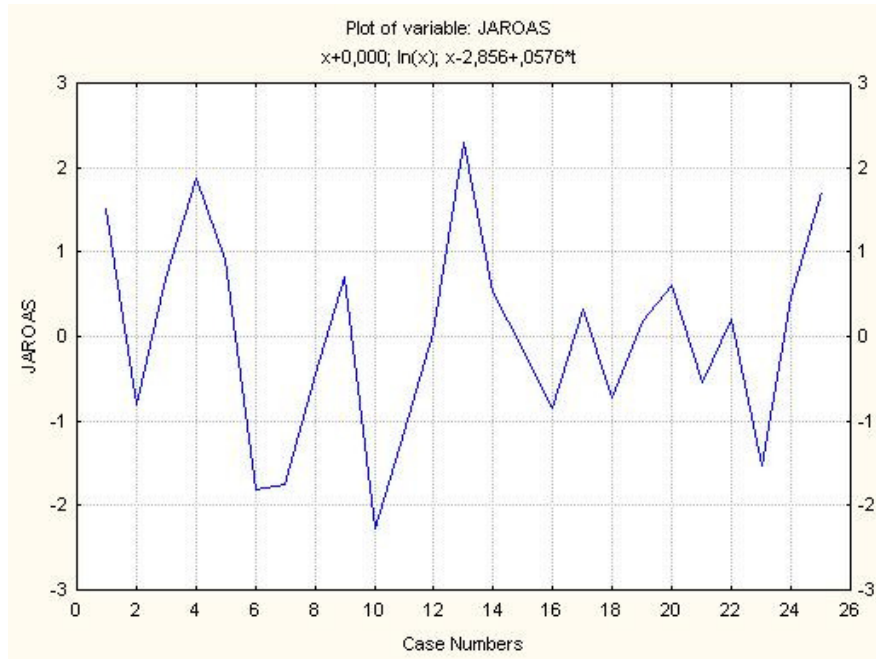
(b)



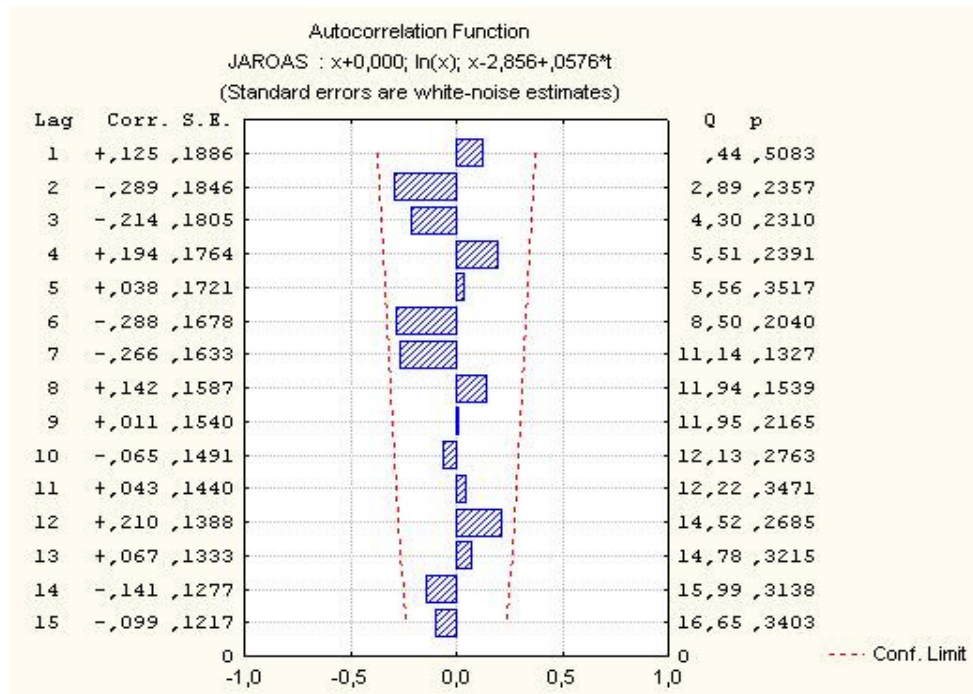
Obr. 8 Počty zvířat chycených na jaře byly zlogaritmovány a následně pro ně byly sestaveny časové řady pomocí Time series. Z grafu jsou patrné fluktuace populace (Obr. 8a). Přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Žádná z jednotek nepřekračuje konfidenční interval (Obr. 8b), tzn. že pravidelnost oscilace nebyla prokázána.

Obr. 9

(a)



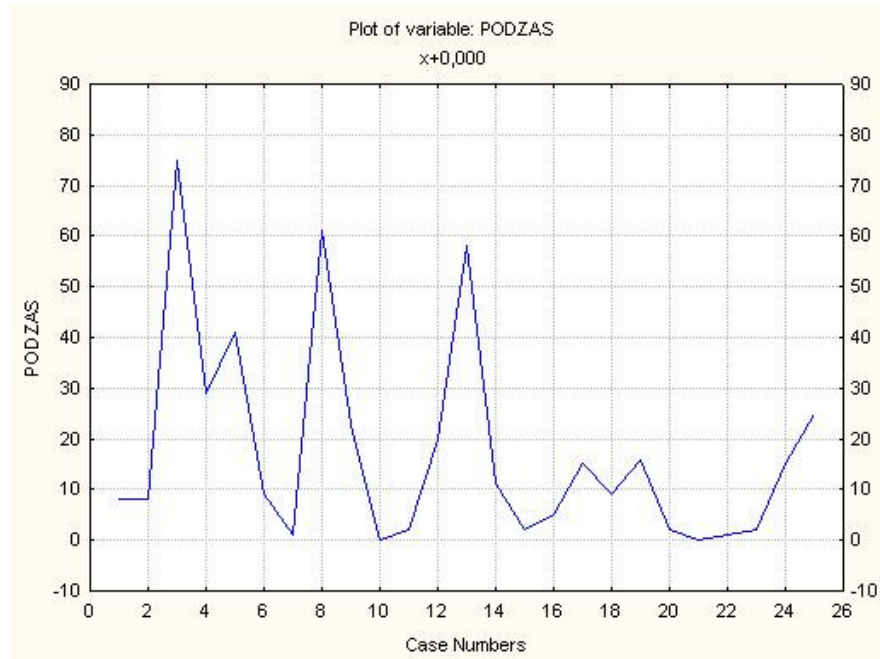
(b)



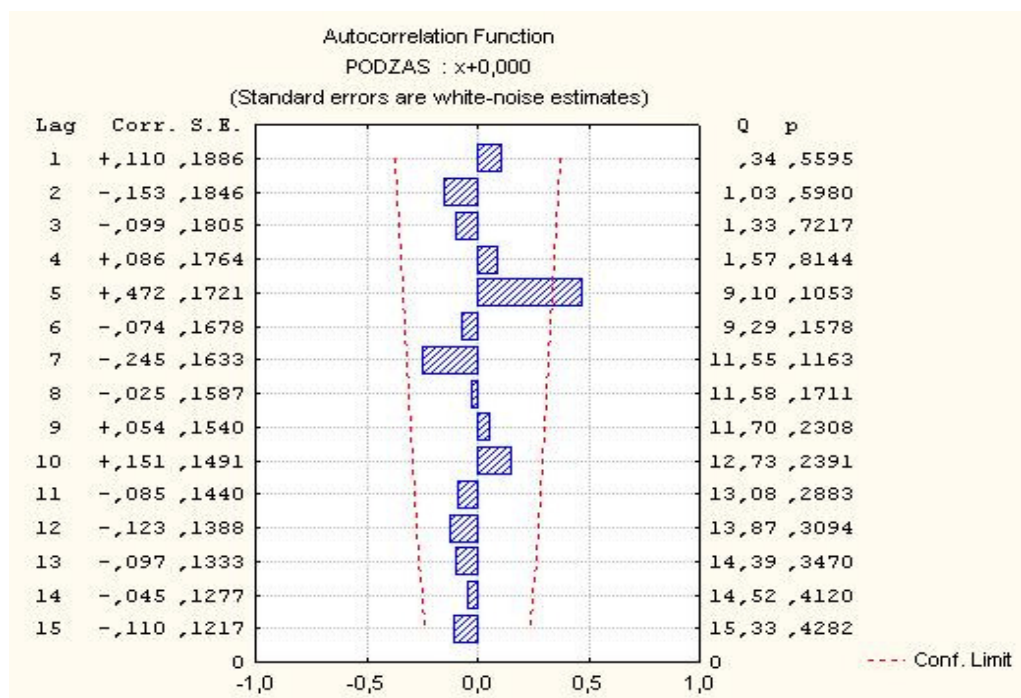
Obr. 9 Počty zvířat chycených na jaře byly zlogaritmovány a detrendovány. Následně byly sestaveny časové řady pomocí Time series. Z grafu jsou patrné fluktuace populace (Obr. 9a). Přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Žádná z jednotek nepřekračuje konfidenční interval (Obr. 9b), tzn. že pravidelnost oscilace nebyla prokázána.

Obr. 10

(a)



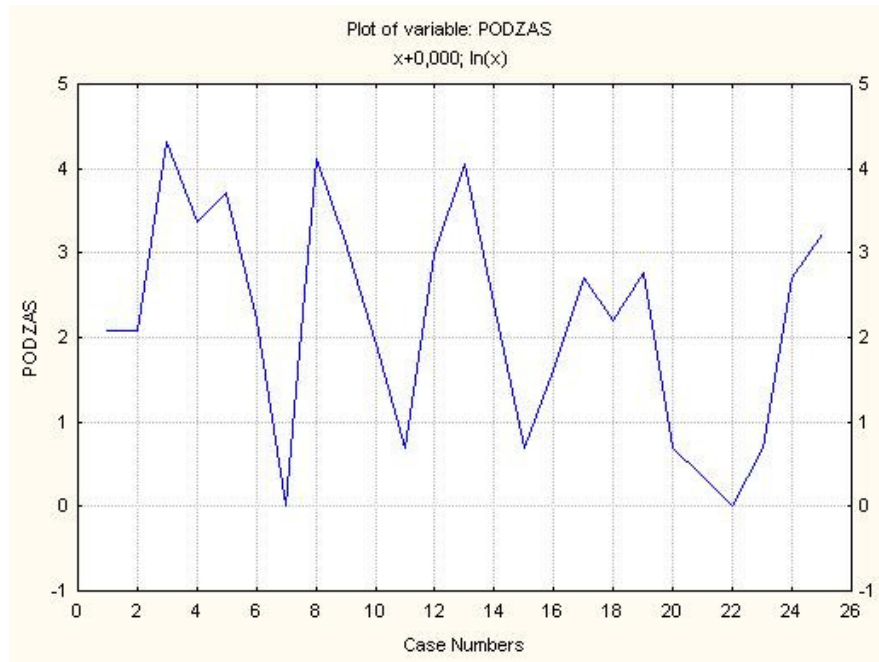
(b)



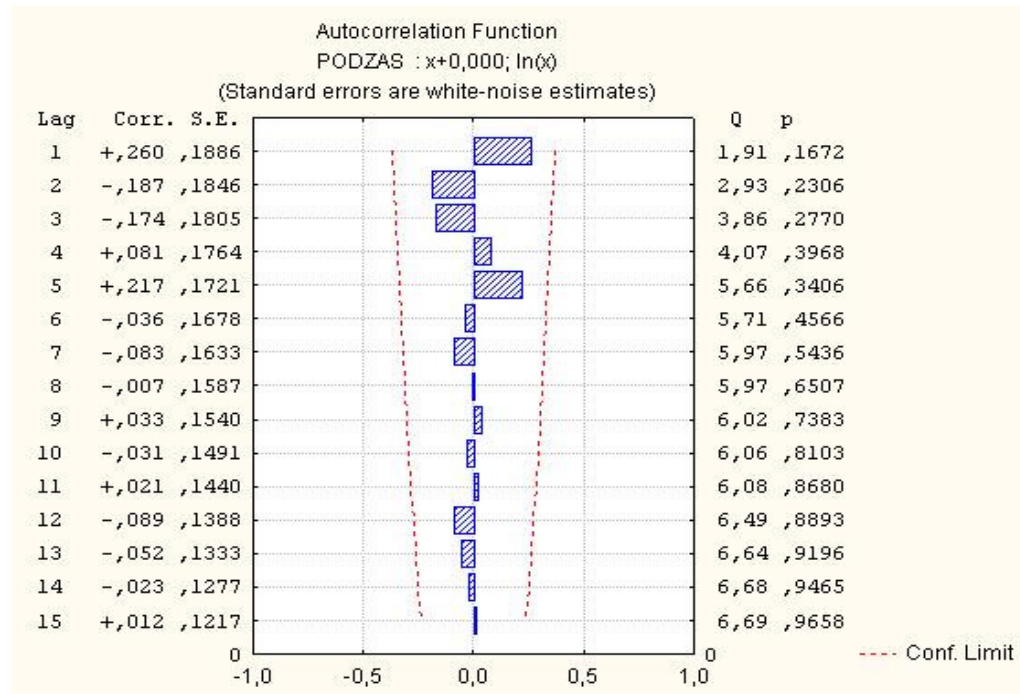
Obr. 10 Pro počty zvířat chycených na podzim v jednotlivých letech byla sestavena časová řada pomocí Time series. Z grafu jsou patrné fluktuační populace (Obr. 10a). Přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Ta vykazuje v pátém roce signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,472$; $p = 0,1053$) (Obr. 10b).

Obr. 11

(a)



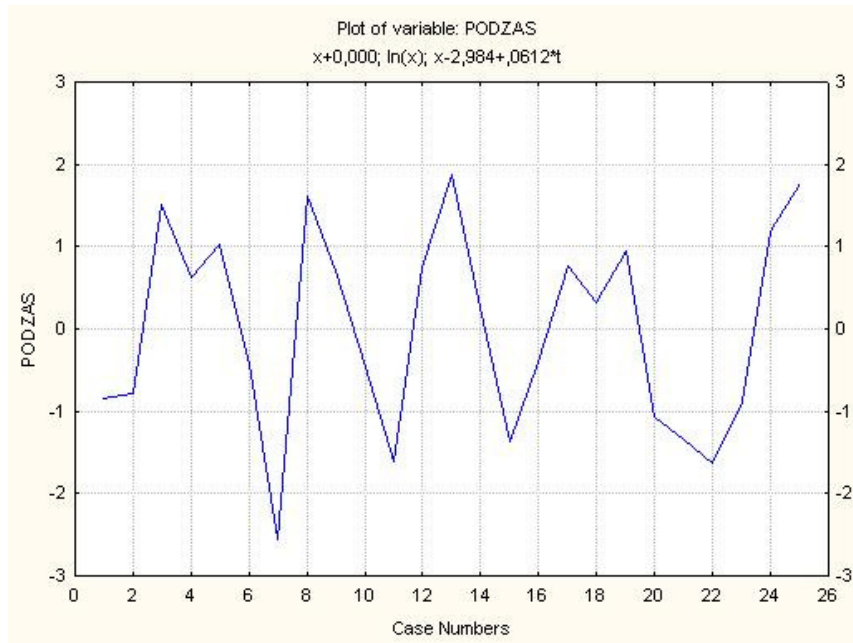
(b)



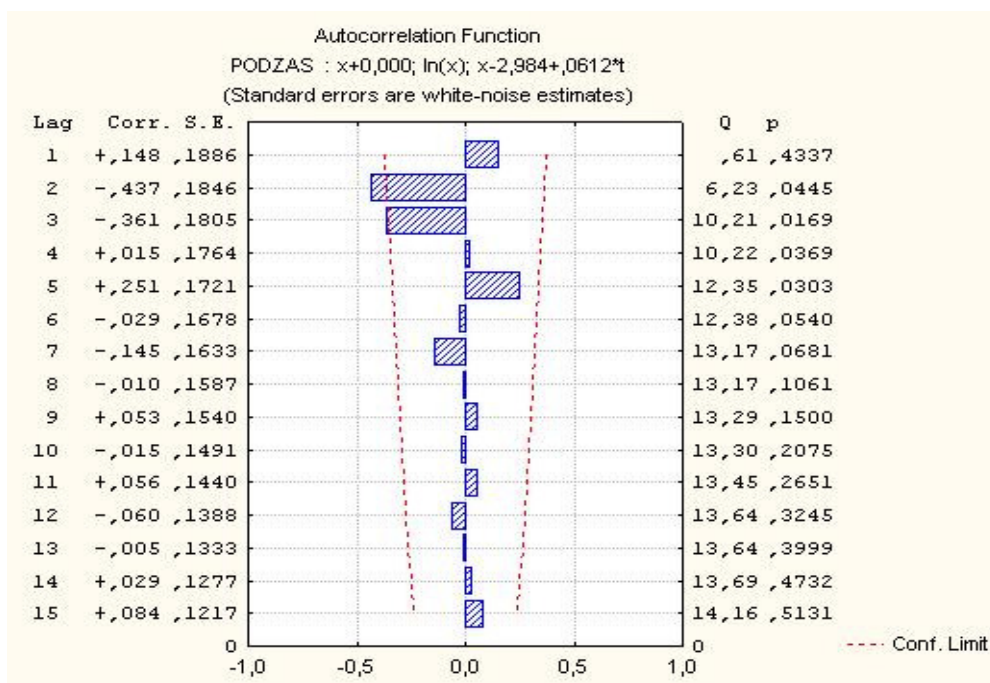
Obr. 11 Počty zvířat chycených na podzim byly zlogaritmovány a pomocí Time series byly sestaveny časové řady. Z grafu je patrná fluktuace populace (Obr. 11a). Přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 11b), tzn. že pravidelnost oscilace nebyla prokázána.

Obr. 12

(a)



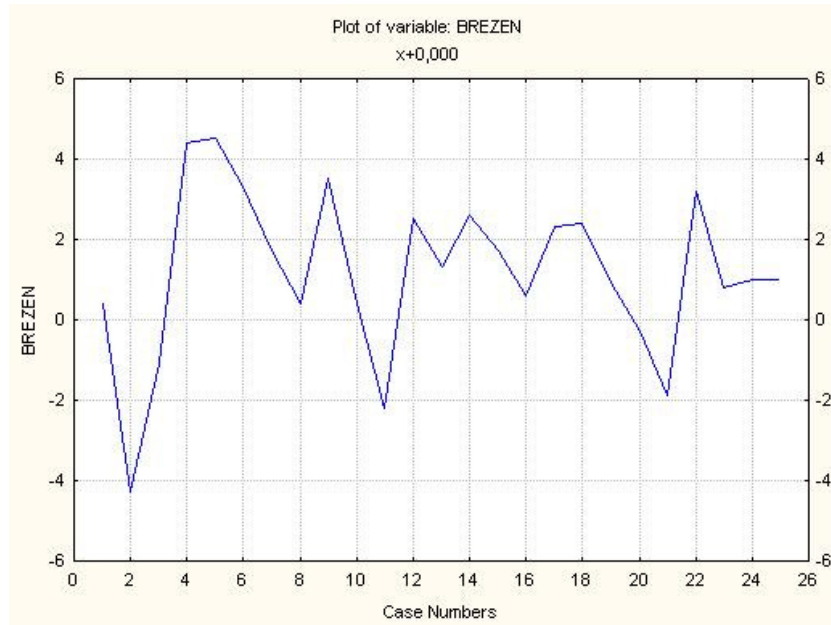
(b)



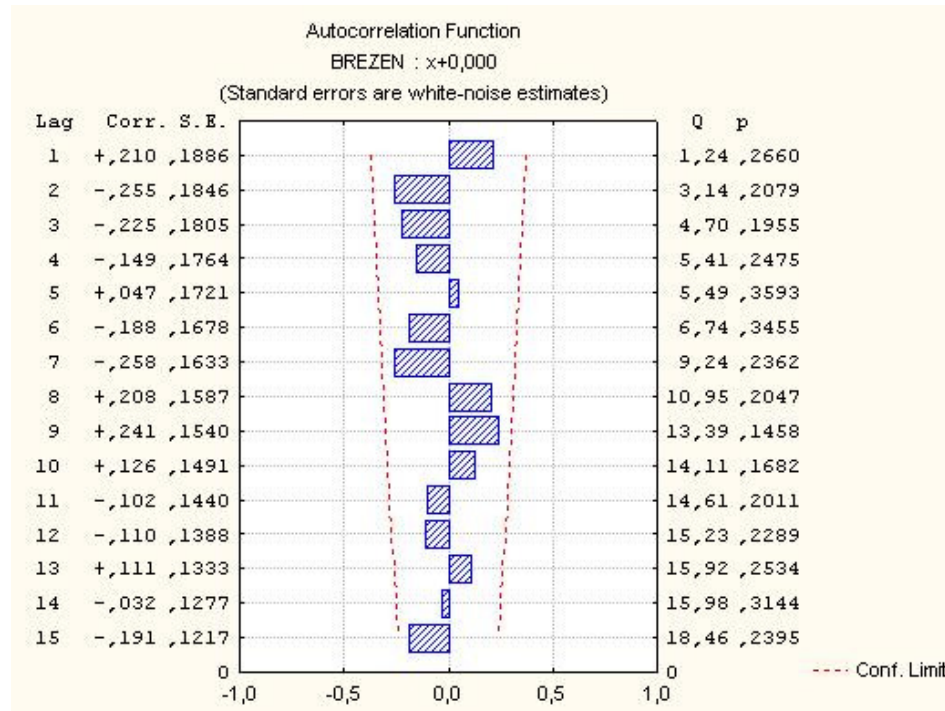
Obr. 12 Počty zvířat chycených na podzim byly zlogaritmovány a byl odstraněn trend. Pomocí Time series byly sestaveny časové řady. Z grafu je patrná fluktuační populace (Obr. 12a). Přítomnost periodicity byla testována autokorelační analýzou. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 12b), tzn. že pravidelnost oscilace nebyla prokázána.

Obr. 13

(a)



(b)



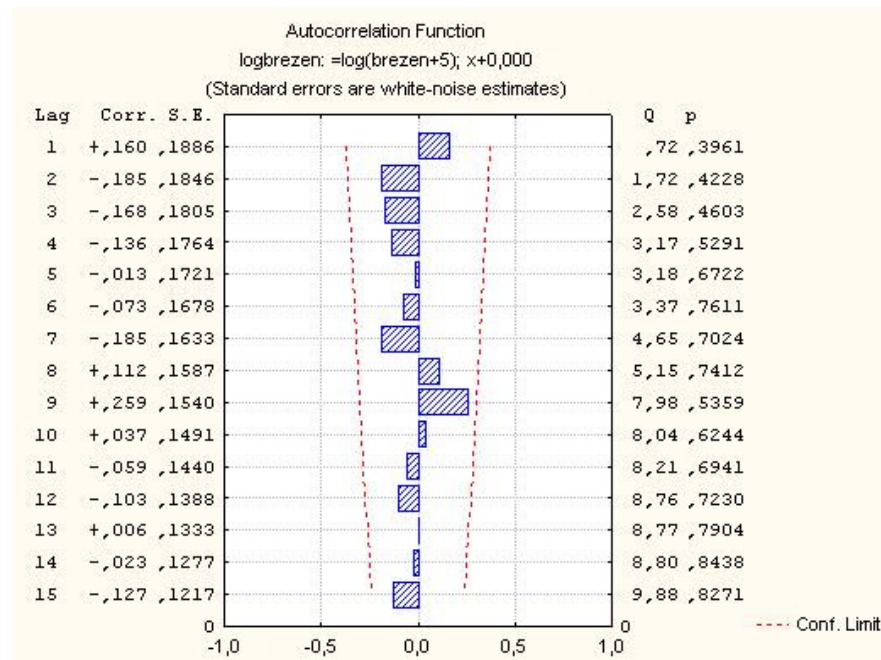
Obr. 13 Z březnových teplot byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuační (Obr. 13a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 13b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr. 14

(a)



(b)



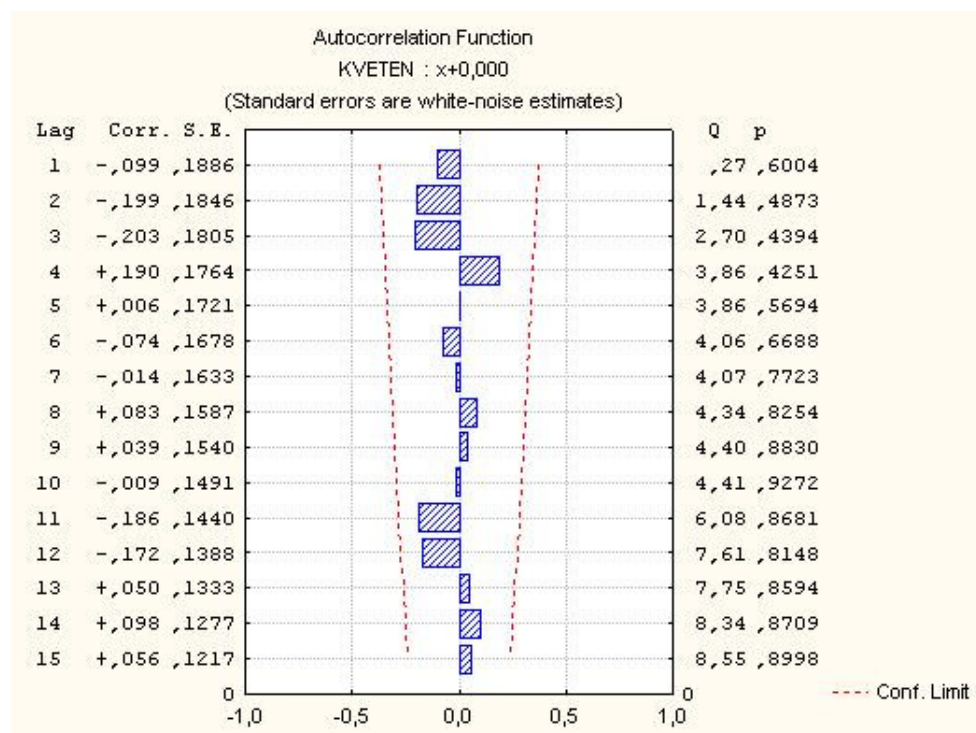
Obr. 14 Březnové hodnoty byly nejprve zlogaritmovány, poté z nich byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 14a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 14b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr. 15

(a)



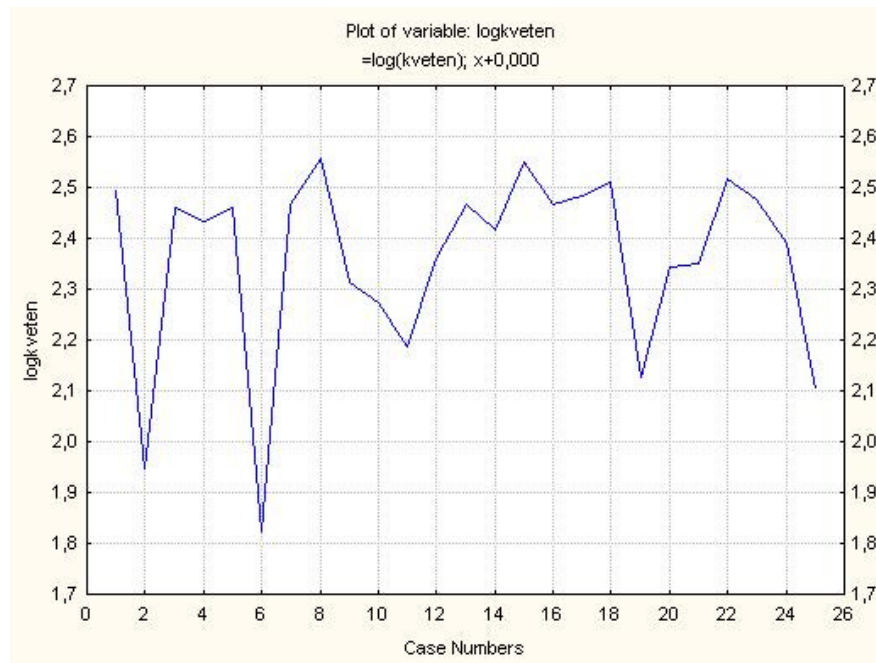
(b)



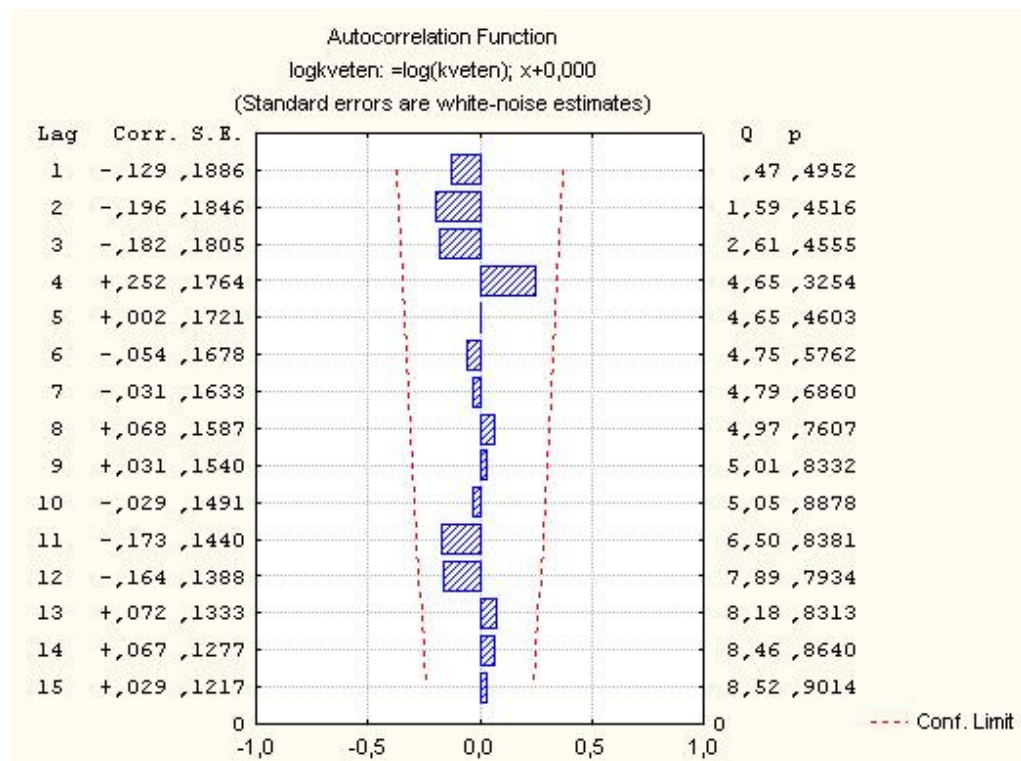
Obr. 15 Z květnových teplot byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 15a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 15b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr.16

(a)



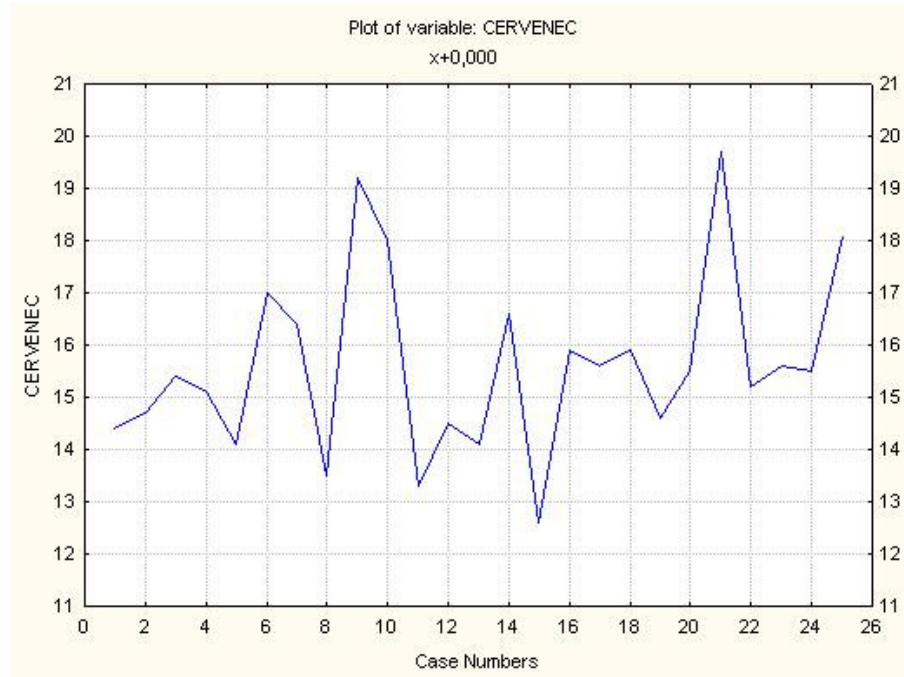
(b)



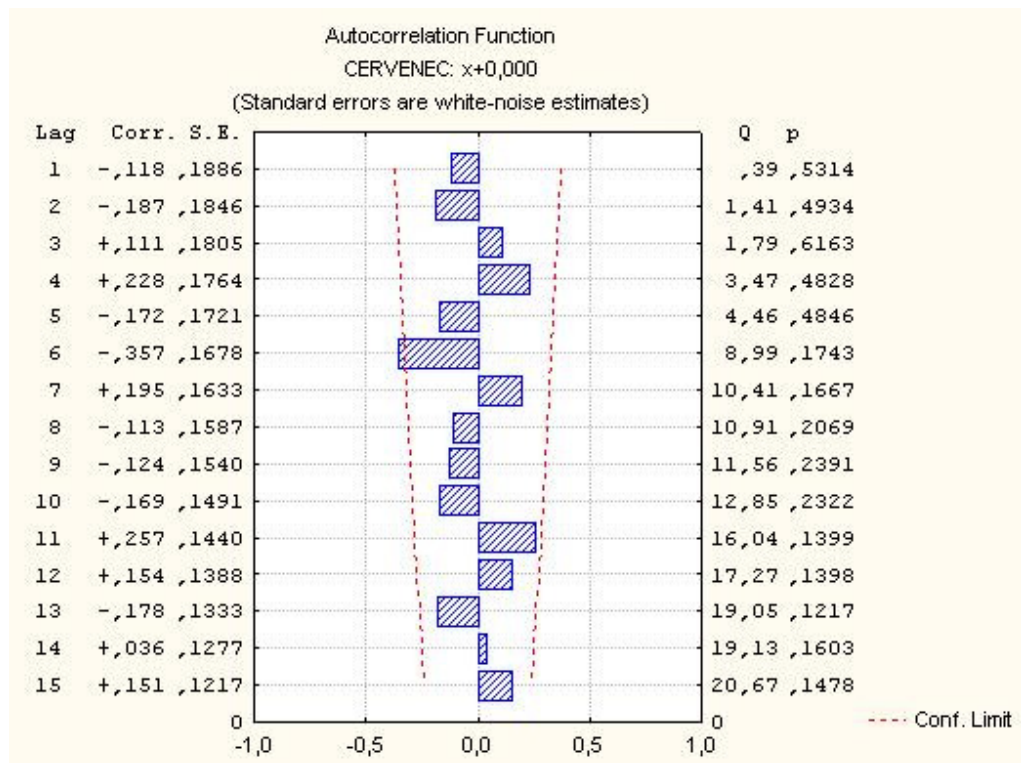
Obr. 16 Květnové hodnoty byly nejprve zlogaritmovány, poté z nich byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuační (Obr. 16a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 16b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr. 17

(a)



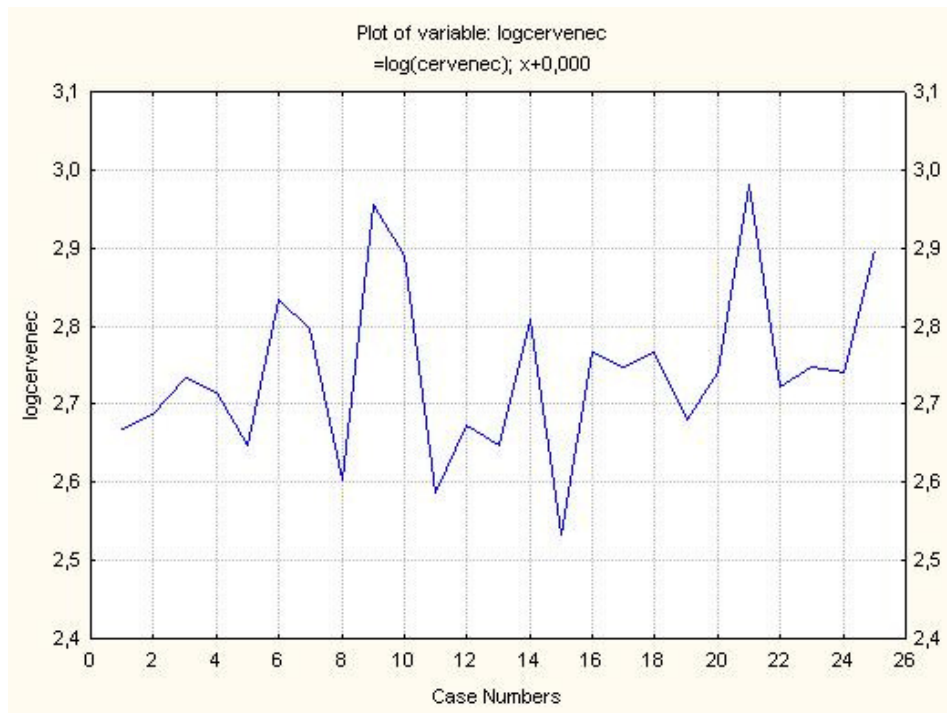
(b)



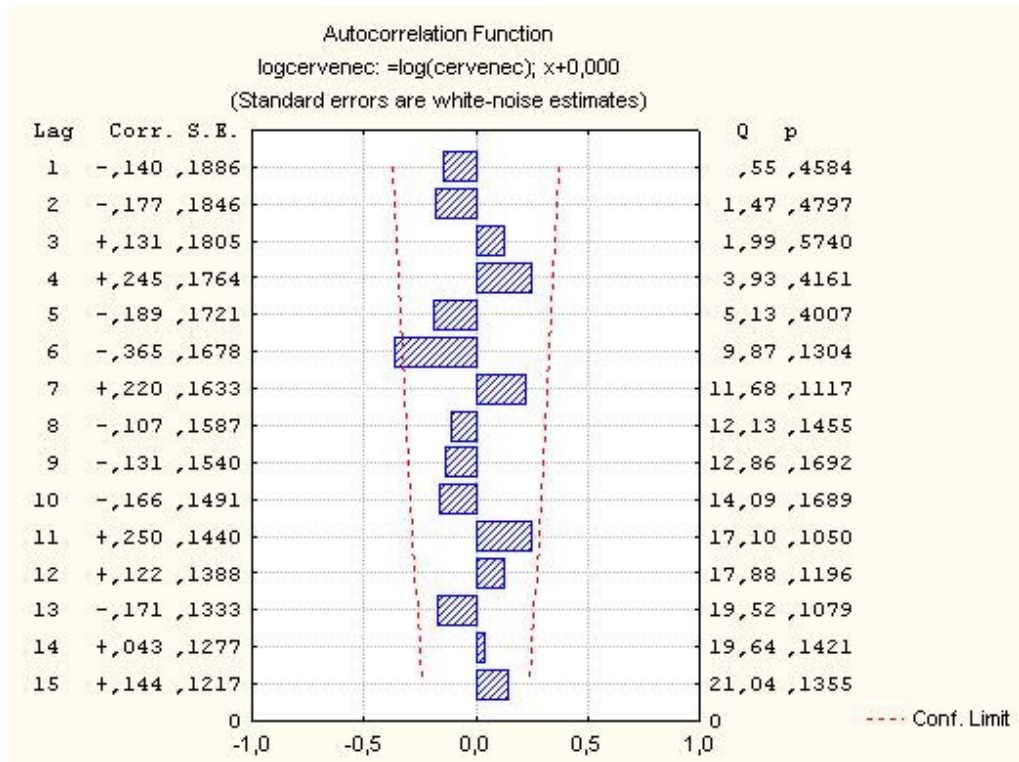
Obr. 17 Z červencových teplot byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 17a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 17b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr. 18

(a)



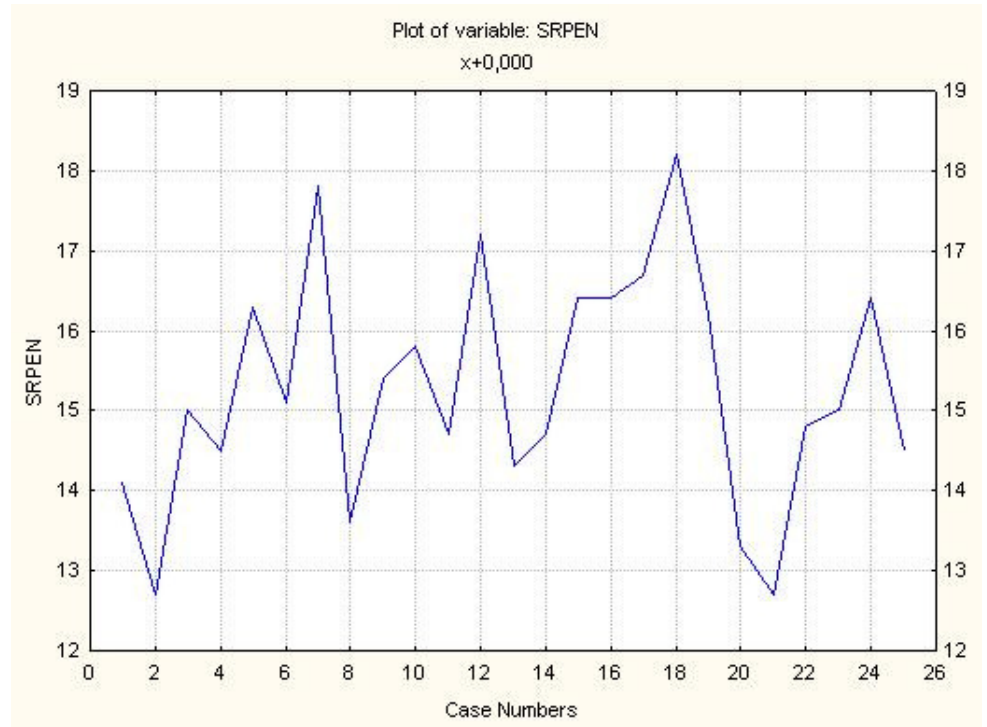
(b)



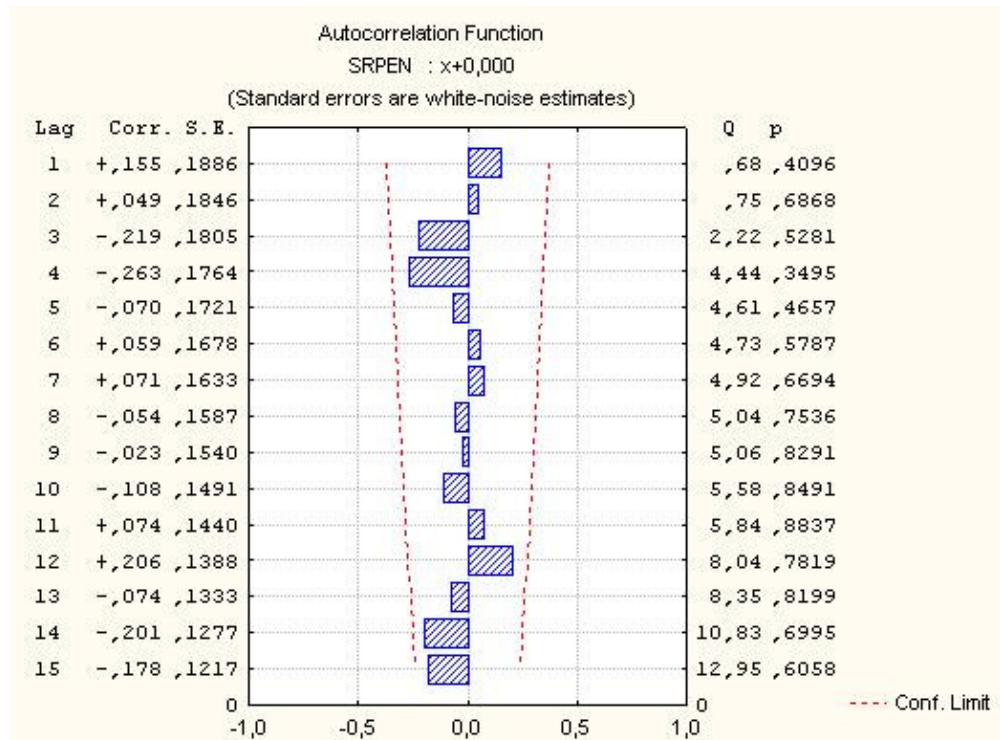
Obr. 18 Červencové hodnoty byly nejprve zlogaritmovány, poté z nich byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuační (Obr. 18a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 18b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr. 19

(a)



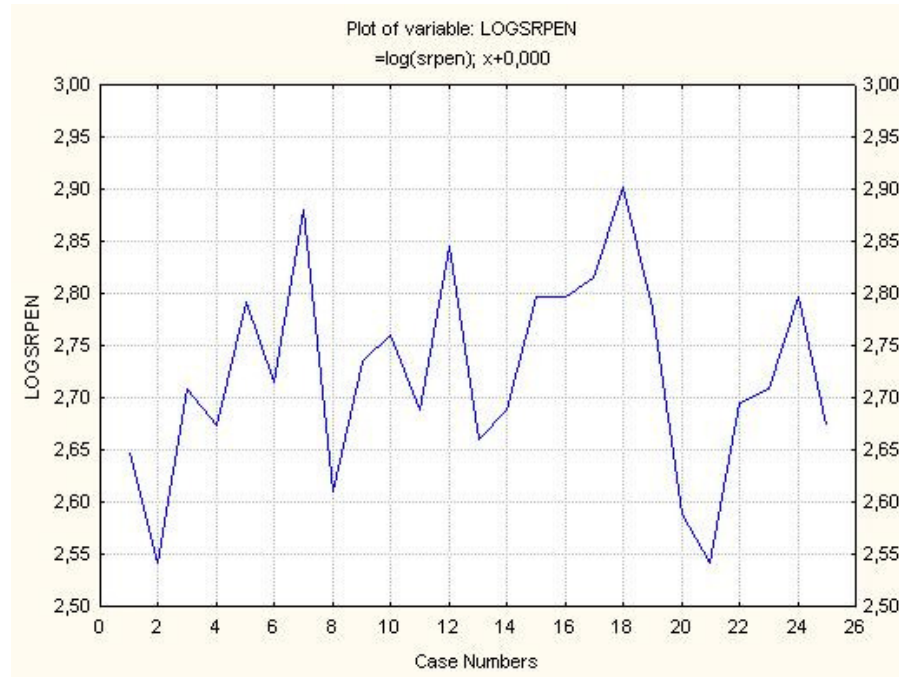
(b)



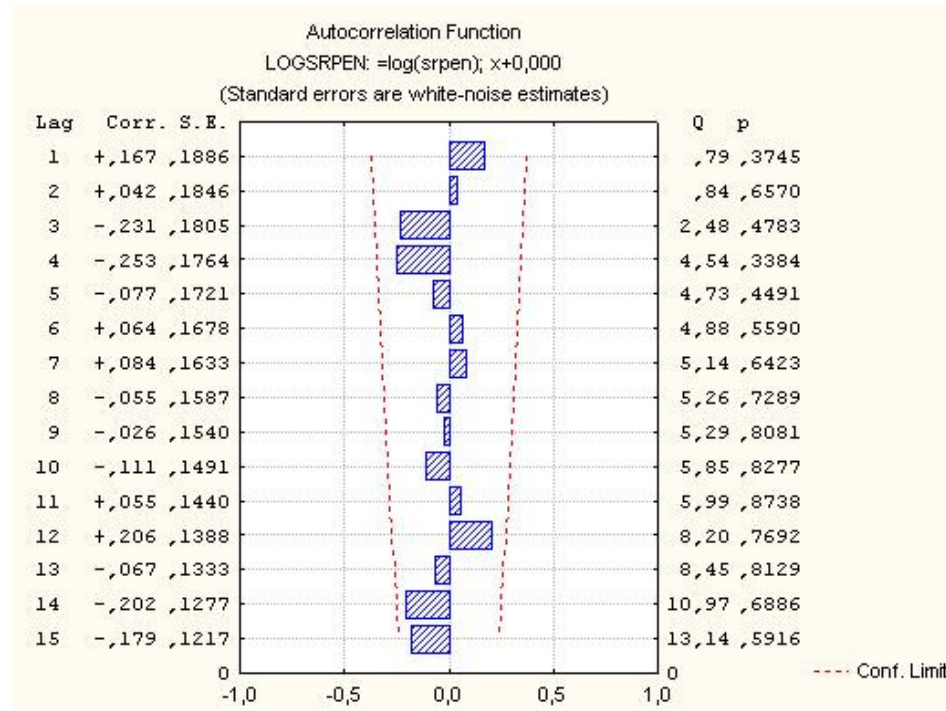
Obr. 19 Ze srpnových teplot byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 19a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 19b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr. 20

(a)



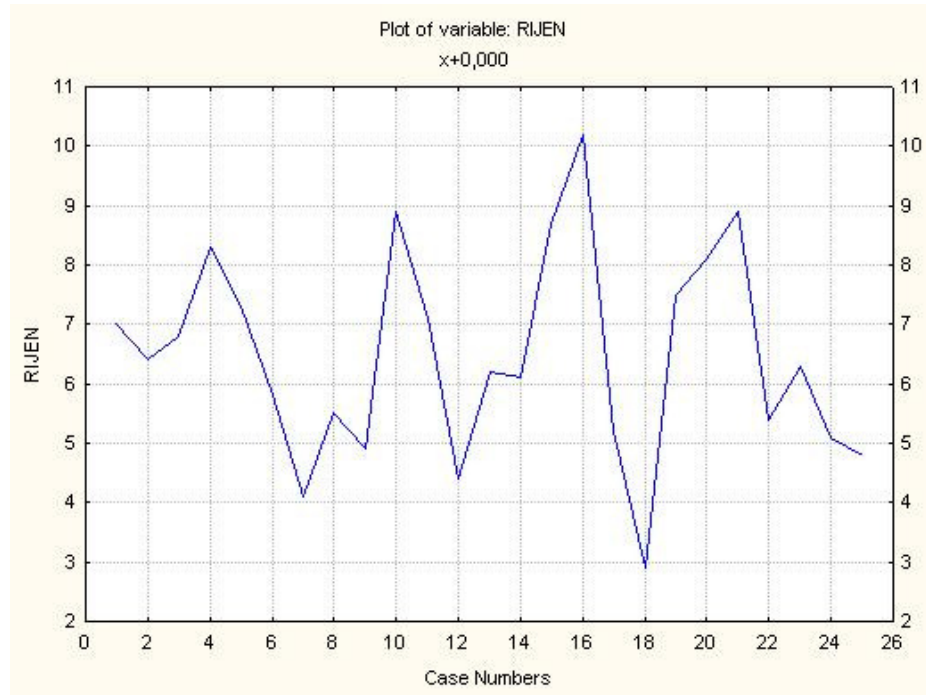
(b)



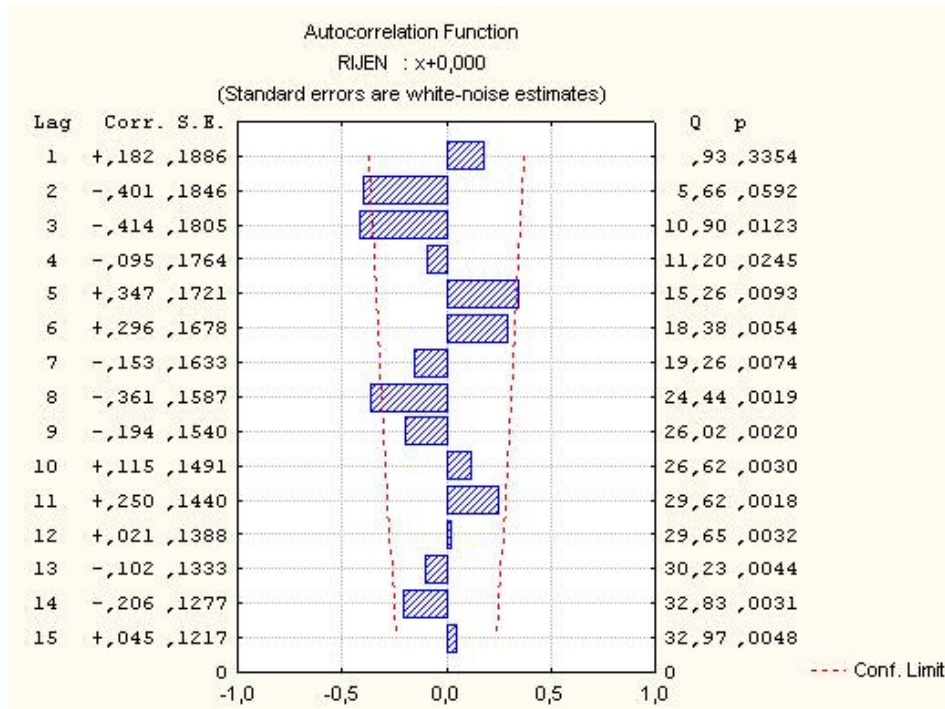
Obr. 20 Srpnové hodnoty byly nejprve zlogaritmovány, poté z nich byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 20a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 20b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr. 21

(a)



(b)



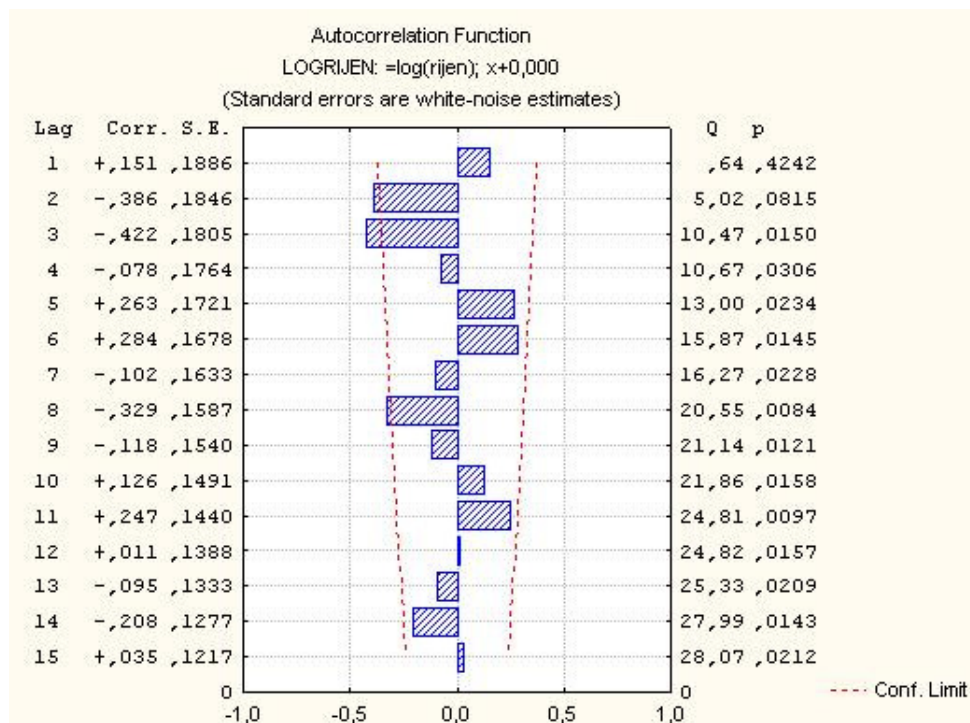
Obr. 21 Z říjnových teplot byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuační (Obr. 21a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Ta vykazuje v pátém roce signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,347$; $p = 0,0093$) (Obr. 21b).

Obr. 22

(a)



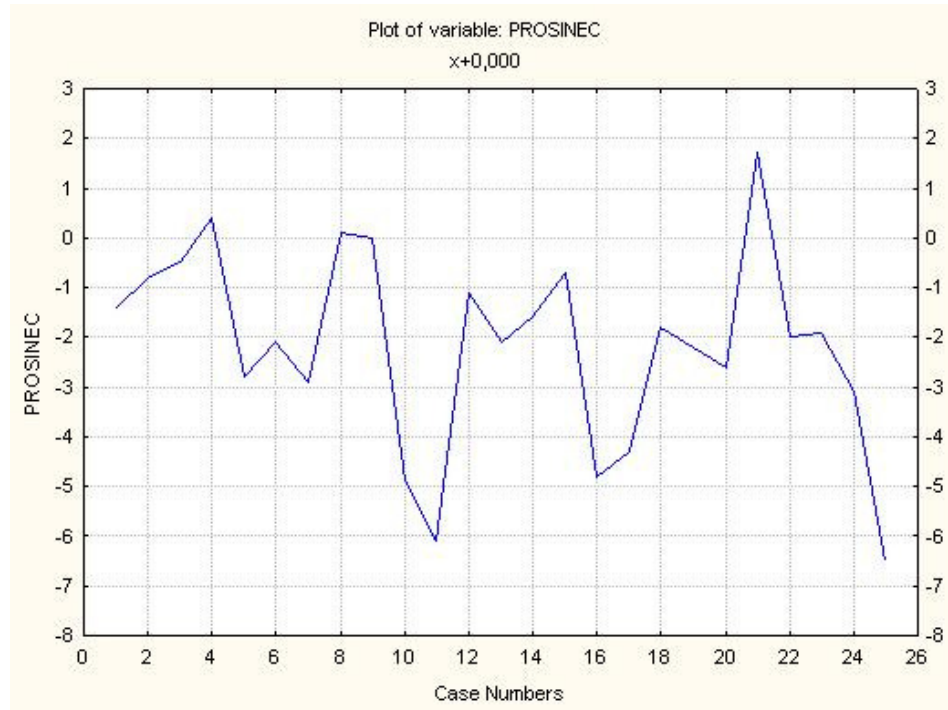
(b)



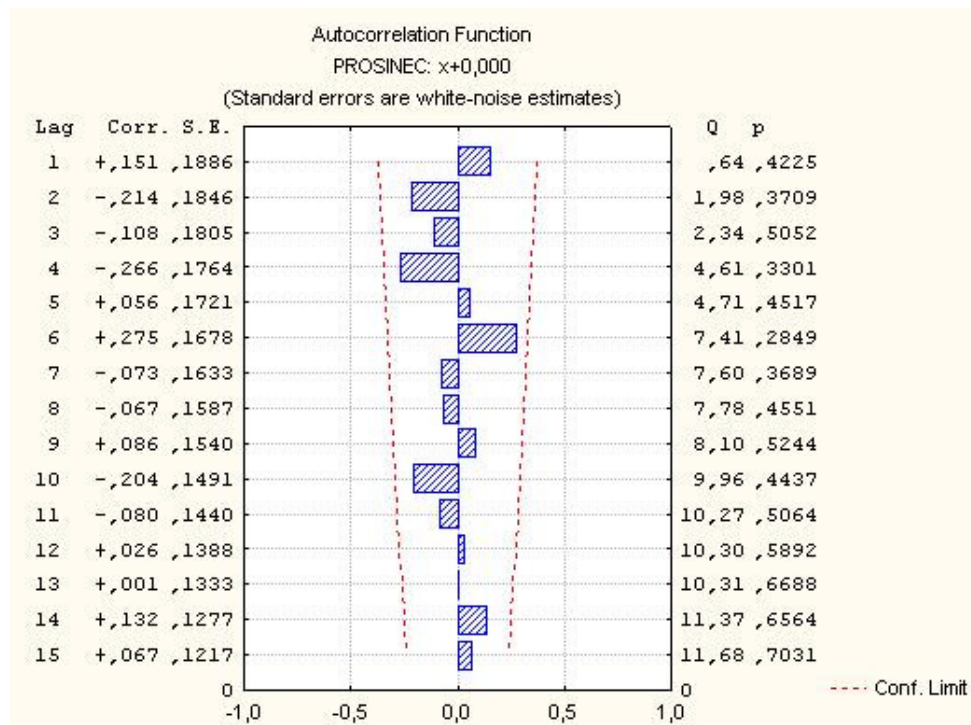
Obr. 22 Říjnové hodnoty byly nejprve zlogaritmovány, poté z nich byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 22a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 22b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána

Obr. 23

(a)



(b)



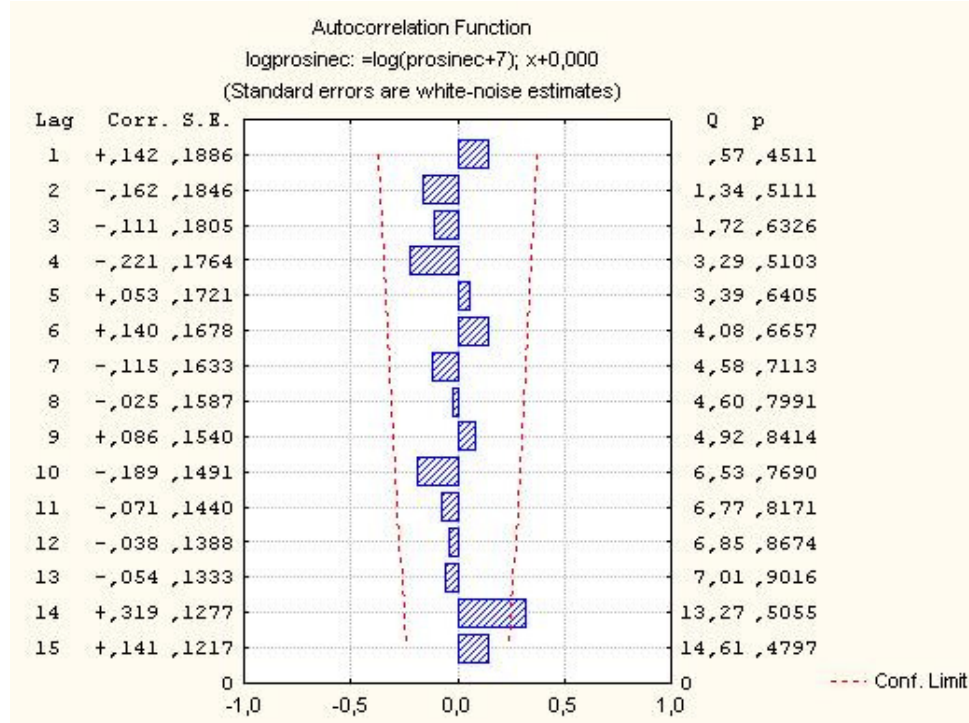
Obr. 23 Z prosincových teplot byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 23a). Přítomnost periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 23b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána.

Obr. 24

(a)



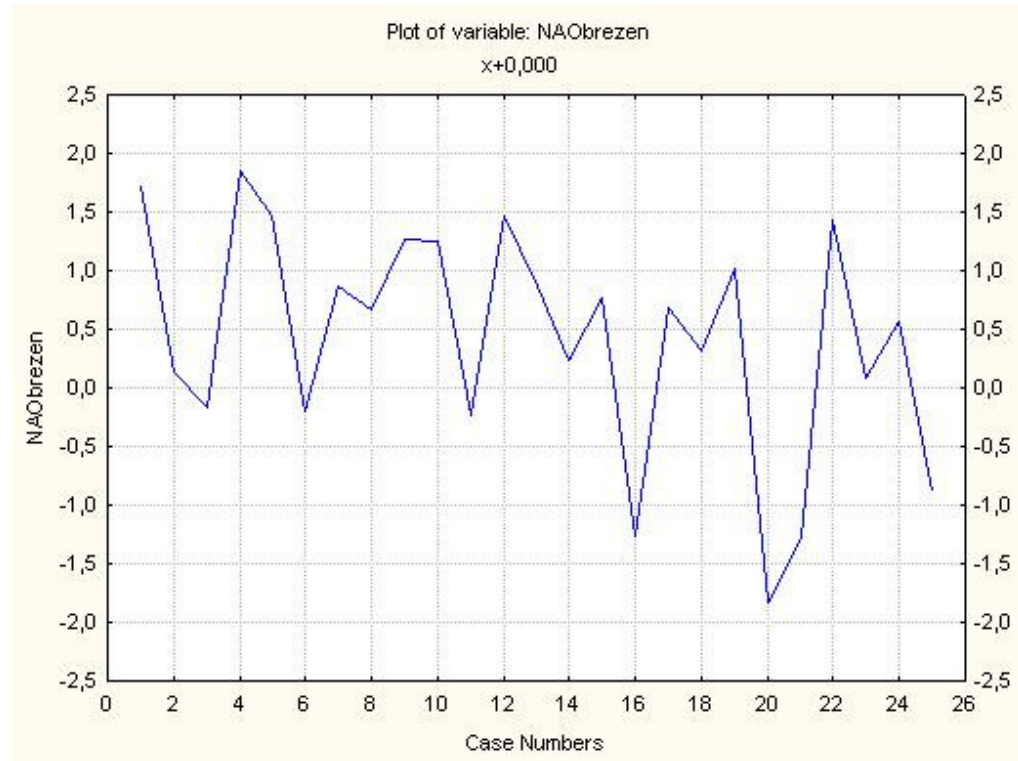
(b)



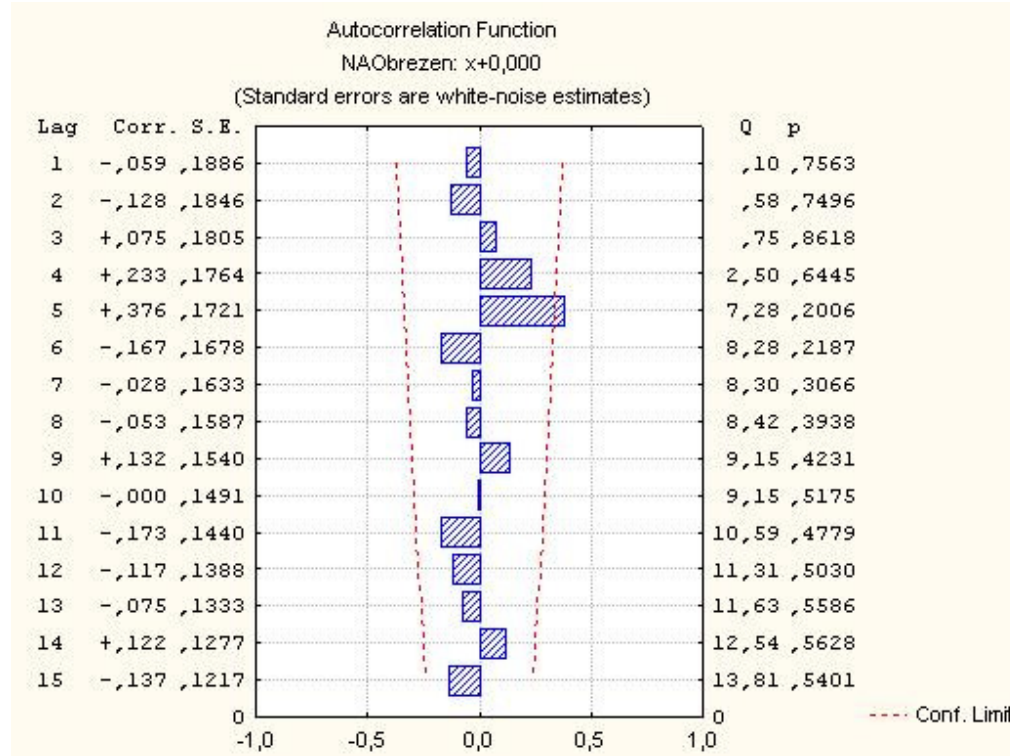
Obr. 24 21 Prosincové hodnoty byly nejprve zlogaritmovány, poté pro ně byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuační (Obr. 24a). Přítomnost periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Ta vykazuje ve 14. roce signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,319$; $p = 0,5055$) (Obr. 24b)

Obr. 25

(a)



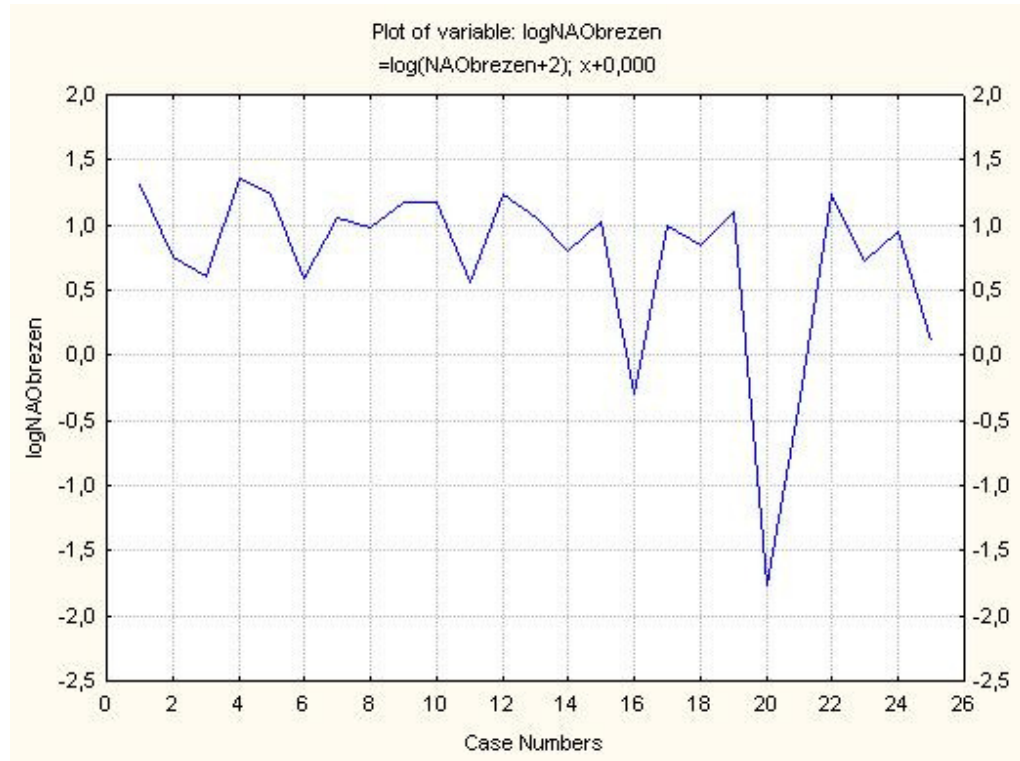
(b)



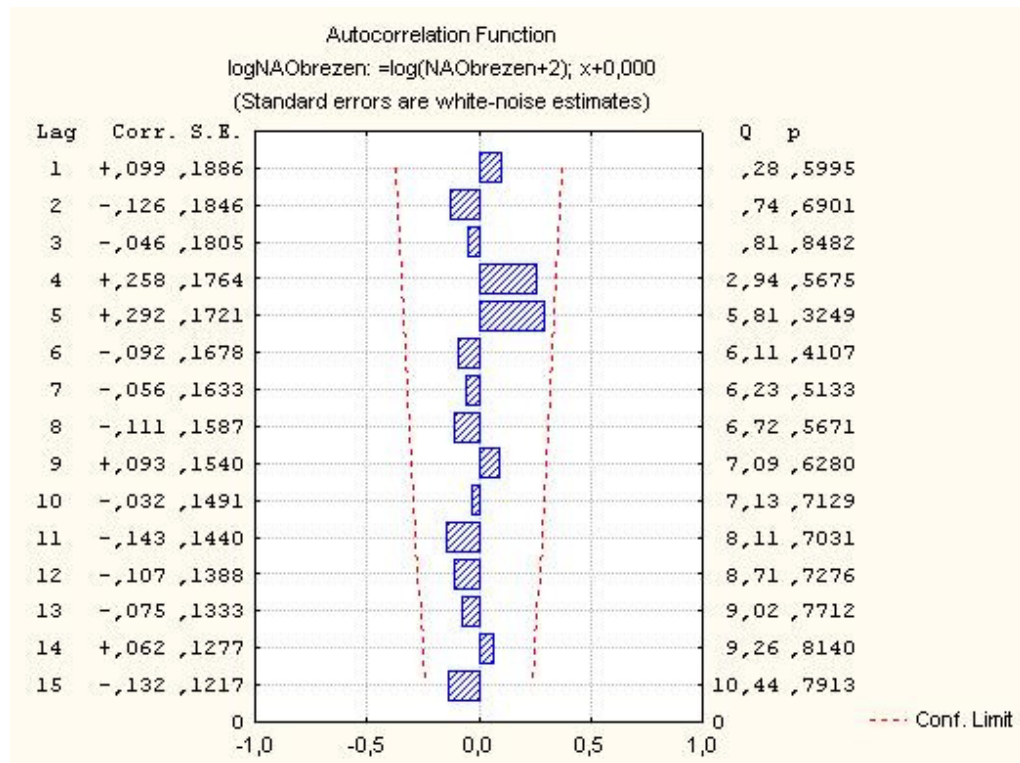
Obr. 25. Z hodnot NAObrezen byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 25a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Ta vykazuje v pátém roce signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,376$; $p = 0,2006$) (Obr. 25b).

Obr. 26

(a)



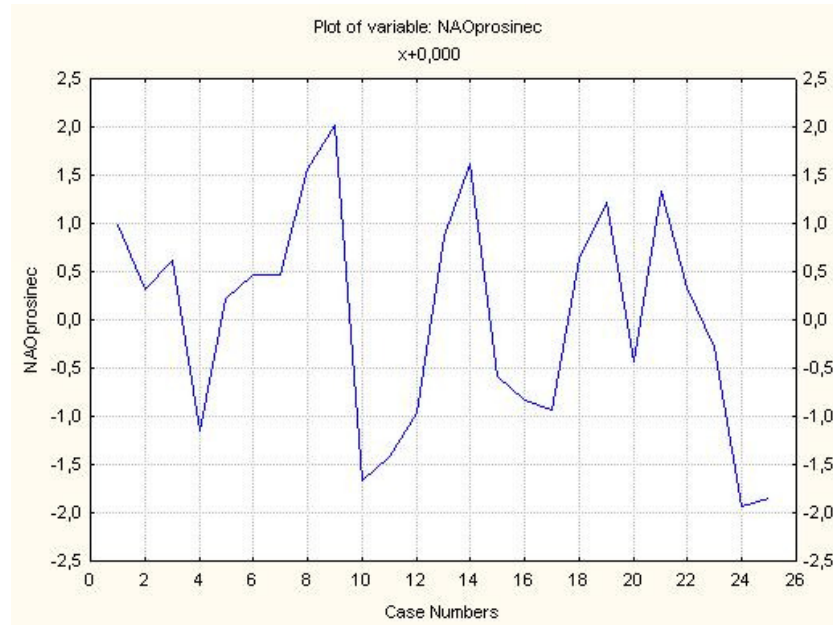
b)



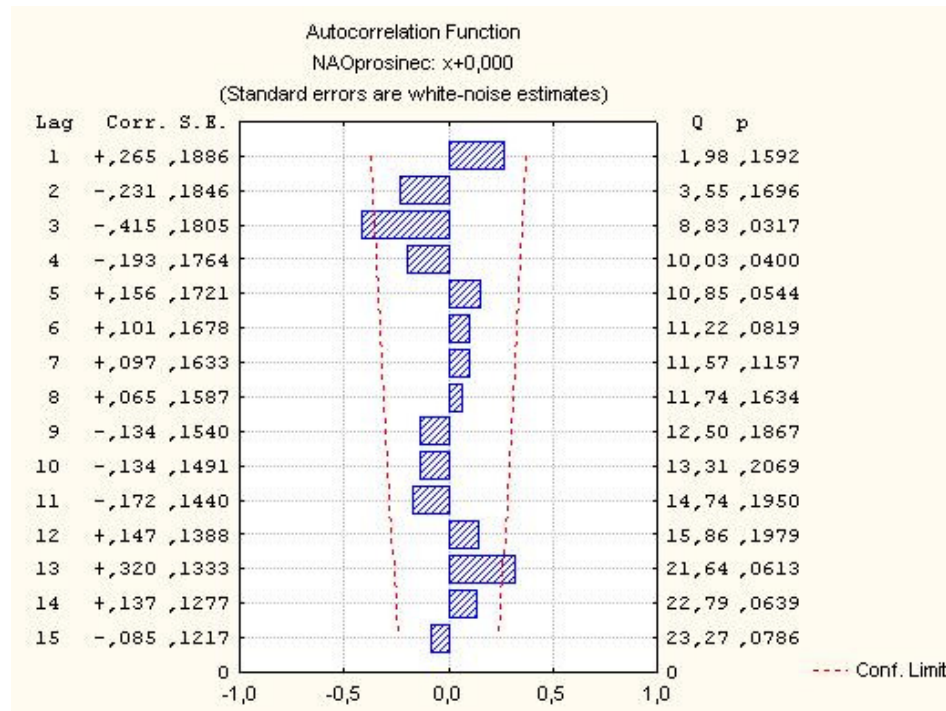
Obr. 26 Hodnoty indexu NAObřezen byly nejprve zlogaritmovány, poté z nich byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuační (Obr. 26a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Žádná z jednotek nepřekračuje hranici konfidenčního intervalu (Obr. 26b). Pravidelná oscilace tedy nebyla prokázána

Obr. 27

(a)



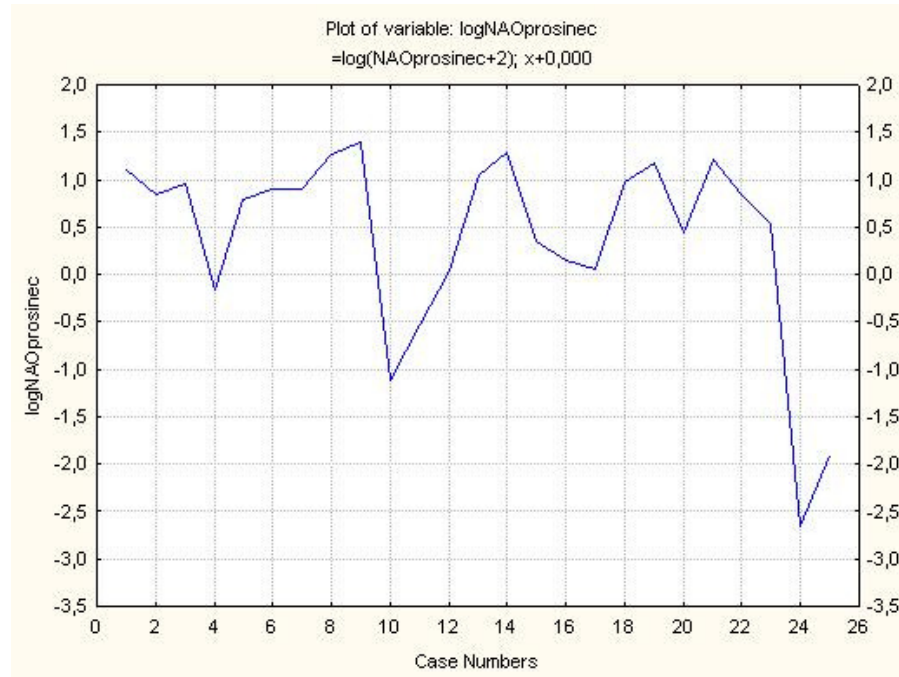
(b)



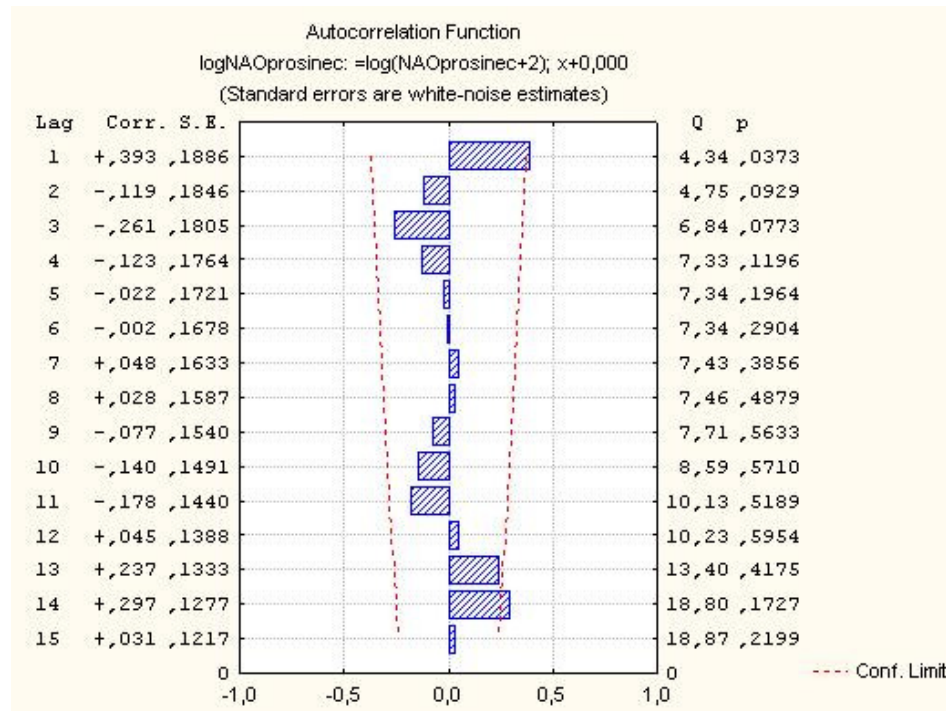
Obr. 27 . Z hodnot NAOprosiniec byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuace (Obr. 27a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Ta vykazuje ve 13. roce signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,320$; $p = 0,0613$) (Obr. 27b).

Obr. 28

(a)

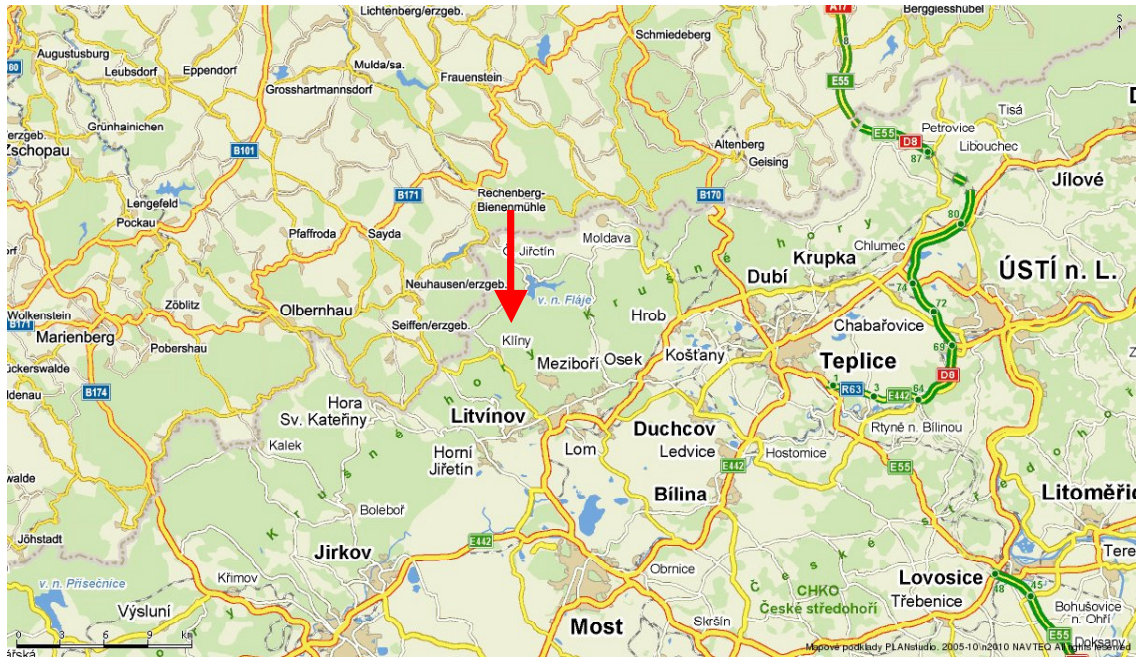


(b)



Obr. 28 hodnoty indexu NAOprosiniec byly nejprve zlogaritmovány, poté z nich byla sestavena časová řada, z které jsou patrné fluktuační (Obr. 28a). Přítomnosti periodicity byla testována pomocí autokorelační analýzy. Ta vykazuje ve 14. roce signifikantní korelační koeficient ($r^2 = 0,297$; $p = 0,1727$) (Obr. 28b).

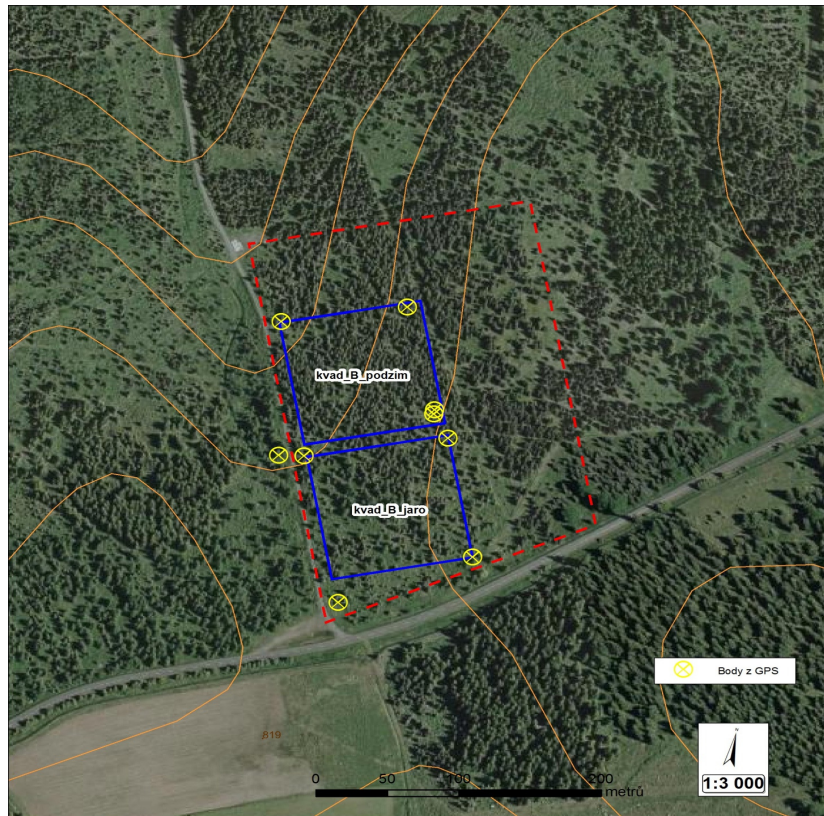
Obr. 29 Oblast prováděného odchytu – Krušné hory nedaleko osady Klíny (800 m.n.m)



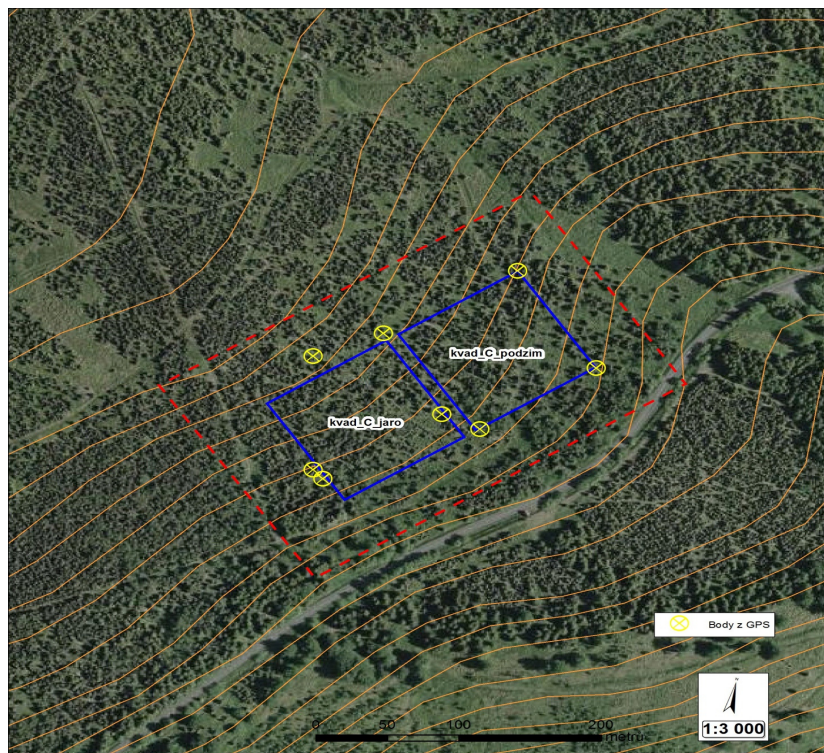
Obr. 30 Oblast odchytu – Krušné hory – osada Klíny (800 m.n.m)



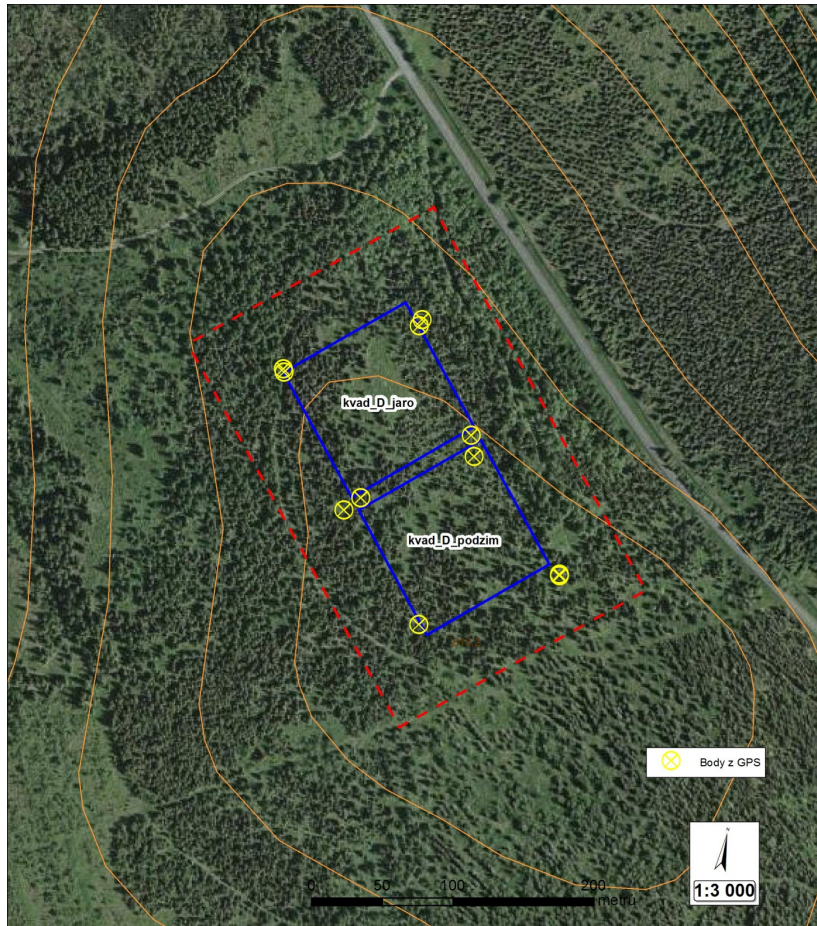
Obr. 31 Kvadrát B (souřadnice – 50°40'22,75''s.š., 13°33'36,10''v.d.; 50°40'25,27''s.š., 13°33'45,75''v.d.; 50°40'17,28''s.š., 13°33'50,50''v.d.; 50°40'13,61''s.š., 13°33'41,26''v.d.)



Obr. 32 Kvadrát C (souřadnice – 50°39'34,63''s.š., 13°32'26,67''v.d.; 50°39'39,44''s.š., 13°32'20,10''v.d.; 50°39'46,02''s.š., 13°32'39,44''v.d.; 50°39'41,37''s.š., 13°32'39,47''v.d.)



Obr. 33 Kvadrát D (souřadnice – 50°39'01,88" s.š., 13°32'52,08" v.d.;
50°38'52,76" s.š., 13°32'01,97" v.d.; 50°38'48,55" s.š.,
13°31'53,05" v.d.; 50°38'57,64" s.š., 13°31'45,03" v.d.)



Obr. 34 Odchyťová past na drobné hľodavce



Obr. 35 Krušné hory – Klíny 800 m.n.m



Obr. 36 Krušné hory – Klíny 800 m.n.m



Obr. 37 Krušné hory – Klíny 800 m.n.m



Obr. 38 Krušné hory – Klíny 800 m.n.m

