RAPORT 2021

Titlul proiectului: Tendințe populaționale pe termen lung ale speciilor din arii protejate: predicții și managementul impactului schimbărilor climatice și turismului

Etapa 2. Denumire activitate: Noi date biotice și abiotice, date integrate și sintetizate, outreach științific și pregătire profesională

Noi date abiotice și biotice, date integrate și sintetizate

Datele noi, atât abiotice cât și biotice, au fost adăugate datelor existente, iar analiza de sinteză s-a realizat utilizând baza de date completă urmărindu-se testarea și validarea ipotezei de lucru prezentată în paragraful următor. Reducerea dimensiuni corpului animalelor a fost propusă ca reacție generală de răspuns în contextul încălzirii climatice. Cu toate acestea studiile efectuate anterior au evidențiat existența unor variații mari atât în ceea ce privește direcția, cât și magnitudinea tendințelor dimensiunii corpului animalelor. Mai mult, scăderea dimensiunii corpului ca răspuns la încălzirea globală a fost pusă sub semnul întrebării, după ce unele studii au arătat că dimensiunea corpului animalelor a crescut la speciile de talie mică și a scăzut la cele de talie mare (așa numita, Regulă a Insulei, *"Island Rule*"). Modul în care este măsurată dimensiunea corpului animalelor (de exemplu, utilizând indici ca dimensiunea structurală, greutatea, starea de sănătate) este un factor cheie pentru diferențierea tendințelor de creștere sau scădere care au fost identificate în studiile anterioare. Cu toate acestea, există foarte puține studii empirice care au testat și validat această regulă utilizând toți cei trei indicii de dimensiune a corpului, în special pentru vertebratele ectoterme. Acest lucru face dificilă generalizarea tendinței modificării dimensiunii corpului a animalelor. Astfel, în acest context, scopul studiului nostru a fost de a examina dacă dimensiunea corporală, utilizând cei trei indicii de dimensiune a corpului, s-a schimbat în timp și, dacă temperatura precum și alte variabile climatice pot explica aceste variații la reptile.

Materiale și metode

Zona de studiu și speciile studiate

Populațiile de reptile studiate se află într-un perimetru de 42 ha, în incinta Complexului Arheologic Histria (CAH; 44°32'56" N și 28°45'56" E, 1-5 m a.s.l.) în sudul Rezervației Biosferei Delta Dunării, România. CAH se află într-o zonă de teren plat, acoperită cu vegetație caracteristică stepei pontice, unde dunele de nisip alternează cu numeroasele gropi arheologice erodate. Teritoriul CAH cuprinde un sit arheologic turistic, cu ruine vizitabile, expuse, și o zonă care nu face parte din circuitul turistic.

Cetatea antică Histria este una dintre cele mai vechi colonii construite pe coasta Mării Negre, întemeiată de grecii din Milet în secolul al VII-lea înainte de Hristos (Hr), ca oraș commercial la malul Mării Negre, și fiind ulterior cucerită și condusă de romani până în secolul al VII-lea după Hr, când a fost abandonată. Campaniile arheologice au scos la iveală ruinele cetății, care în prezent reprezintă un muzeu în aer liber, care ocupă o suprafață de 10 ha.

Lacul Sinoe, pe malul căruia se află cetatea în prezent, are o adâncime maximă de 2 m și este întins pe o suprafață de 170 km^2, fiind cea mai sudică lagună a Deltei Dunării. Lacul este înconjurat de o barieră de stuf (*Phragmithes australis*) care crește pe cea mai mare parte a țărmului și, întrucât comunică în continuare cu Marea Neagră prin canalele Edighiol și Periboina, conține apă salmastră. Nivelurile de salinitate fluctuează și depind de aportul de apă dulce din Dunăre și de afluxul variabil de apă salină din Marea Neagră. La mai puțin de 2 km vest de Histria, există un alt corp de apă, Lacul Istria, care este legat de Lacul Sinoe printr-un canal care se află la numai 200 m în nordul ruinelor. În plus, la 4 km în sud-vest se află lacul cu apă dulce, Nuntași.

Pe scurt, CAH este înconjurat de suprafețe mari de habitate favorabile care reprezintă potențiale locuri de hrănire și adăpost pentru speciile de reptile, ceea ce probabil a dus la stabilirea de către acestea a unor populații cu efective mari atât în CAH cât și în imediata vecinătate a acestuia. Densitatea mare de reptile a determinat studiul lor încă din 2006 pentru speciile de șerpi și 2010 pentru specia de țestoasă din zonă. Astfel, pentru trei specii de șerpi (*Dolichophis caspius*, *Natrix tessellata* și *N. natrix*) s-a realizat un studiu de capturare-marcare-recapturare în perioada 2006 - 2021 folosindu-se etichete de tip PIT (Passive Integrated Transponder) tags. Constrângerile financiare au determinat întreruperea studiului în 2015, 2016 și 2019.

Populația de țestoase dobrogene (*Testudo graeca*) a fost monitorizată în perioada 2010 - 2021, animalelor atribuindu-li-se ID-uri unice în urma fotoidentificării.

Tehnici de teren și manipularea speciilor de reptile

Pentru detectarea reptilelor pe teren am realizat transecte vizuale diurne, și căutări active sub obiecte naturale (cum sunt, vegetația, pietrele), efectuate de către două echipe compuse din câte doi observatori. Transectele vizuale au fost realizate preponderent de-a lungul potecilor din zona ruinelor și în jurul zidurilor pentru capturarea șerpilor, iar pentru țestoase, în zona vechilor gropi arheologice erodate și în zona ne-excavată, cu vegetație stepică. Din octombrie 2021 am adaptat protocolul de lucru la trei/cinci zile de teren realizate consecutiv, lunar.

Pentru fiecare șarpe capturat, am măsurat lungimea de la bot la cloacă (SVL ± 1 mm), întinzând ușor șarpele de-a lungul unei centimetru de croitorie lipit pe o tijă de lemn. Am măsurat greutatea (BM ± 1 mm) folosind un cântar cu arc de tip Pesola®. Sexul adulților a fost determinat prin expunerea hemipenisurilor. Șerpii au fost palpați pentru prezența/absența alimentelor, fecalelor și ouălor, iar în cazul ouălor, când au fost prezente, am estimat numărul lor.

La țestoase am măsurat lungimea carapacei (SCL ± 1 mm) folosind un centimetru de croitorie și le-am cântărit (BM ± 1 g) folosind un cântar electronic. Am determinat sexul pe baza caracteristicilor morfologice externe (și anume, concavitate abdominală, morfometria scuturilor anale și femurale ale plastronului, forma cozii).

Atât pentu șerpi cât și pentru țestoase am estimat starea de sănătate a fiecărui individ pe baza unui indice calculat utilizând lungimea corpului (SVL pentru șerpi și SCL pentru țestoase) și greutatea (BM). Am calculat indicele stării de sănătate "robust scaled mass index" (*SMI.rob*), utilizând următoarea ecuație:

$$SMI.rob = BM \times (BS_0/BS)^{bSMA}$$

unde BM este greutatea (g) iar BS este SVL pentru șerpi și SCL pentru țestoase (mm). BS_0 este valoarea medie a SVL sau SCL în populație, iar *b*SMA este panta (major axis slope) obținută prin regresia (robust OLS regression) valorilor logaritmate a BM și a SVL sau respectiv SCL, împărțită la coeficientul de corelație Pearson.

Date climatice

Variabilele climatice folosite sunt temperatura medie anuală (T.avg) și parametrii climatici generali, cum sunt, indicele de oscilație a Atlanticului de Nord (NAO) și indicele de oscilație artică (AO). Datele NAO au fost descărcate accesând linkul https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/nao/ iar datele AO accesând linkul https://www.ncdc.noaa.gov/teleconnections/ao/. Indicele NAO corespunzător iernii trecute (PWAO) a fost calculat ca medie a valorilor lunare din decembrie până în martie. De asemenea, am calculat un indice AO de iarnă (AOW), utilizând valorile lunare din noiembrie până în aprilie, și un indice AO de vară (AOS), folosind valorile lunare din iunie până în septembrie. Deoarece dimensiunea corpului reptilelor adulte poate fi determinată la începutul dezvoltării, am calculat indici cu efect întârziat ("lagged", L) ai variabilelor climatice selectate (LT.avg, LNAO, LAO, LPWNAO, LAOS, LAOW), utilizând valorile lunare înregistrate cu trei ani înaintea începerii studiului pentru șerpi și cu opt ani înainte pentru țestoase.

Analiza datelor

Analizele statistice au fost efectuate în R (R Core Team 2020). Am testat dacă dimensiunea corpului s-a modificat de-a lungul timpului, utilizând modelele lineare mixte (mixed linear models, LMM) sau LMM robuste (un tip de regresie lineară mixtă ponderată care reduce efectul potențial al valorilor aberante asupra liniei de regresie). În modele anul și sexul au fost introduse ca variabile independente iar valorile logaritmate ale SVL, SCL și respectiv BM ca variabile dependente. ID-ul indivizilor a fost introdus în modele ca efect aleator. Regresiile au fost realizate în pachetele "lm4" și "robustlmm". Pentru inferențe am utilizat intervalele de confidență Wald și am evaluat dacă estimarea parametrului s-a încadrat în limitele de confidență de 95% pentru testul Wald. Am realizat predicții pe baza modelelor construite și am reprezentat grafic valorile prezise pentru variable cu efect semnificativ din modele folosind funcția plot_model () din pachetul "sjPlot" care reprezintă grafic predicțiile pe scara variabilei răspuns.

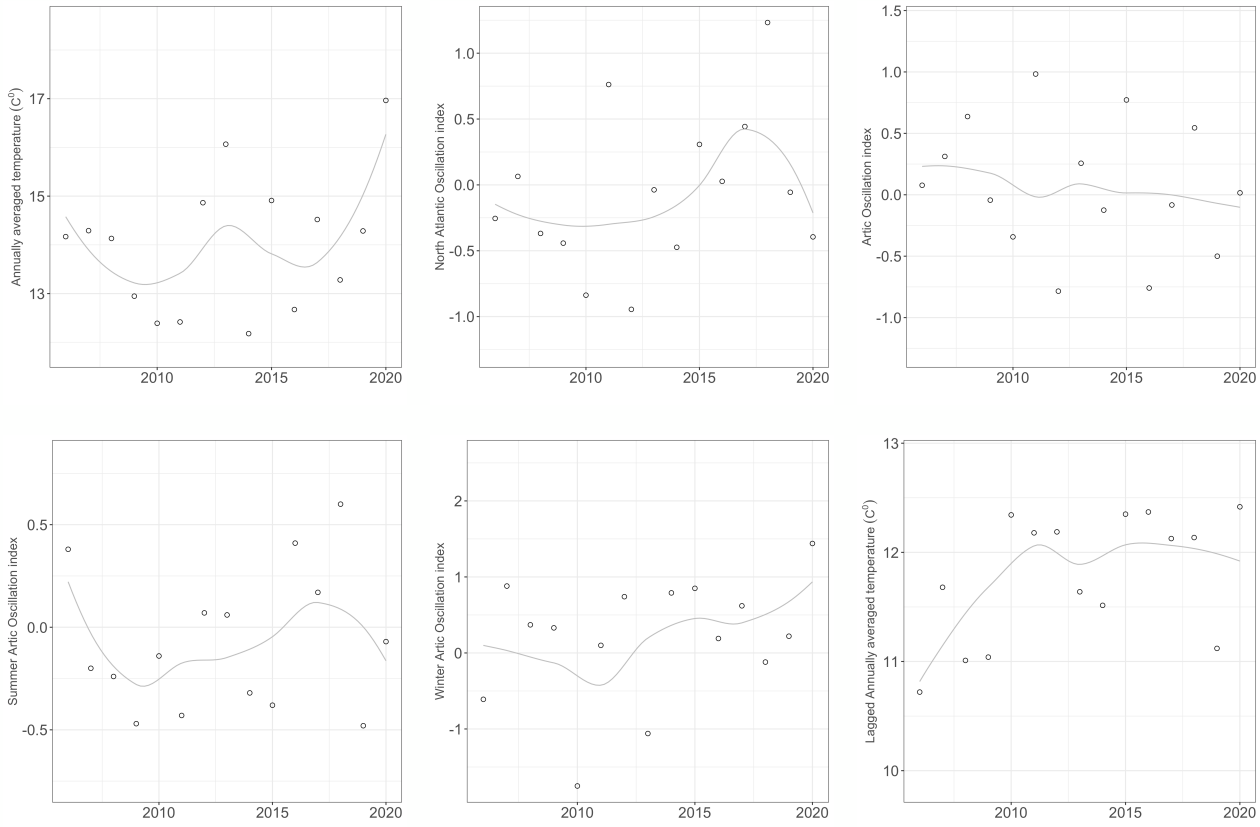
Pentru a analiza dacă dimensiunea corpului speciilor de reptile este influențată de variabilele climatice am utilizat modelele generalizate aditive mixte (Generalized additive mixed models, GAMM) din pachetul „gamm4", pentru șerpi și din pachetul „mgcv" pentru țestoase. SVL, SCL, BM și SMI.rob au fost introduse în modele ca variabile răspuns iar T.avg, AO, NAO, AOS, AOW, PWNAO, LT.avg, LAO, LNAO,

LAOS, LAOW și LPWNAO ca variabile explicative. Pentru a testa și elimina coliniaritatea dintre variabilele climatice mai întâi am efectuat o regresie cu toate variabilele climatice incluse în model ca efecte principale și am calculat valoarea "variance inflation factor" (VIF). Apoi am exclus variabila cu cea mai mare valoare VIF, am refăcut regresia fără variabila respectivă și am recalculat valoarea VIF. Am eliminat din nou variabila cu cea mai mare valoare VIF din setul rămas de variabile. Am repetat acest procedeu până când toate variabile incluse în model au avut valorile VIF mai mici de 3. După corectarea coliniarității, 4 variabile climatice (PWNAO, LNAO, LAOW, LPWNAO) dintre cele 12 variabile inițiale au fost eliminate din analize. In modele GAMM pentru variabilele climatice am folosit algoritmul "gam smoother" cu funcția "cubic spline" sau "tension product". Pentru a controla influența potențială a măsurătorilor repetate a aceluiași individ (de exemplu, a acelor indivizii care supraviețuiesc și sunt recapturați în mai multe luni din mai mulți ani diferiți), am inclus ID-ul indivizilor ca efect aleator specificat prin argumentul „random" pentru speciile de șerpi și a celui "smooth with non-zero smoothing parameter" pentru țestoase. În toate modelele am inclus anul, luna și sexul ca efect aleator supus procesului de "smoothing". Am aplicat funcția „gam.check" din pachetul „mgcv" pentru a alege dimensiunea adecvată a numărului de noduri a procesului de "smoothing" (k) și pentru a verifica graficele de diagnostic, în mod particular diagramele Q-Q pentru testarea normalității valorilor reziduale. Pentru a vizualiza modelele GAM, am reprezentat grafic efectul parțial a variabilelor exploratorii folosind funcția "plot" din pachetul "mgcv" din R.

Rezultate

Variația în timp a variabilelor climatice

Între 2006 și 2020 s-a observat o tendință crescătoare, dar nu semnificativă, a valorilor următoarelor variabile climatice: T.avg (*edf* = 1.375, *F* = 1.201, *P* = 0.429), NAO (*edf* = 1, *F* = 1.594, *P* = 0.229), AOS (*edf* = 2.855, *F* = 0.723, *P* = 0.577), AOW (*edf* = 1, *F* = 1.486, *P* = 0.244), LT.avg (*edf* = 1.66, *F* = 2.062, *P* = 0.085) și LAO (*edf* = 1, *F* = 0.401, *P* = 0.538) (Fig. 1). În aceeași perioadă de timp s-a înregistrat o tendință descrescătoare, dar tot nesemnificativă, a valorilor variabilelor climatice AO (*edf* = 1, *F* = 0.59 , *P* = 0.456) și LAOS (*edf* = 1.481, *F* = 2.203, *P* = 0.115) (Fig. 1).



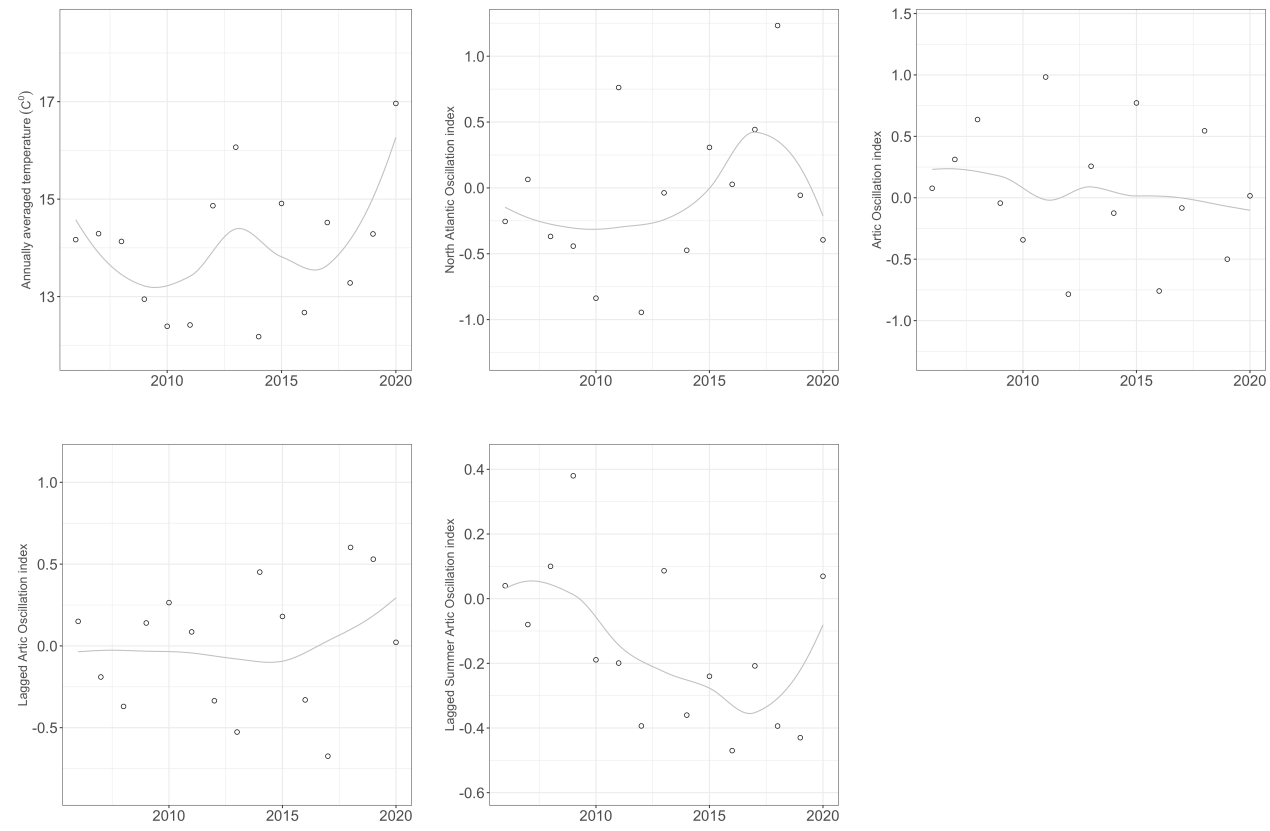


Figura. 1. Valorile medii anuale ale variabilelor climatice pentru Complexul Arheologic Histria în perioada 2006 - 2020. Din motive de limită de spațiu pentu prezentarea denumirilor variabilelor climatice pe axa Y a graficelor, denumirea lor este în engleză. T.avg - annually averaged temperature (C^0); NAO - North Atlantic Oscillation index; AO - Artic Oscillation index; AOW - winter AO index; AOS - summer AO index; LT.avg - lagged annually averaged temperature (C^0); LAO - lagged Artic Oscillation index; LAOS - lagged summer AO index. Prescurtările se găsesc în capitolul de material și metode.

Modificări în timp a dimensiunilor corpului și a stării de sănătate

În total am analizat date de la 218 adulți de *D. caspius*, 317 adulți de *N. natrix*, 7396 adulți de *N. tessellata* și, 401 adulți de *T. graeca*. Pentru *D. caspius* am constatat că SVL și BM au crescut semnificativ, iar SMI.rob a scăzut semnificativ în timp (Tabelul 1 și Fig. 2). În cazul speciei *N. natrix* SVL și BM au prezentat un declin nesemnificativ în timp iar SMI.rob a scăzut semnificativ în timp la ambele sexe (Tabelul 2 și Fig. 2). La *N. tessellata* SVL a crescut semnificativ, iar BM și SMI.rob au scăzut semnificativ în timp, atât la femele, cât și la masculi (Tabelul 3 și Fig. 2). La *T. graeca* am constatat că SVL și BM au crescut semnificativ, iar R SMI.rob a scăzut semnificativ în timp (Tabelul 4 și Fig. 2).

Tabelul 1. Rezultatele modelelor LMM robuste pentru modificările în timp a dimensiunilor corpului și a stării de sănătate la *Dolicophis caspius* (N = 218). Valorile *p* semnificative (< 0.05) sunt afișate cu caractere aldine. Abrevieri: SVL – lungimea de la bot la cloacă; BM – greutatea, SMI.rob – indicele robust scaled mass, M – mascul; N – numărul de indivizi unici; log10 – logaritm in baza 10; R^2 – coeficient de corelație marginal/condițional; Traduceri: predictor – variabilă explanatorie; Estimates – valori estimare; Year – an, CI – interval de confidentă; Random effect – efecte aleatorii; p – nivelul de semnificație; Observations – numărul de observații;

	log10(SVL)			**log10(BM)**			**SMI.rob**		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*	*Estimates*	*CI*	*p*	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	-7.461	-10.771 – -4.152	**<0.001**	-18.252	-29.506 – -6.998	**0.001**	0.000	0.000 – 0.000	**<0.001**
Year	0.005	0.004 – 0.007	**<0.001**	0.010	0.005 – 0.016	**<0.001**	-0.000	-0.000 – -0.000	**<0.001**
Sex [M]	0.070	0.058 – 0.082	**<0.001**	0.239	0.197 – 0.281	**<0.001**	0.000	-0.000 – 0.000	0.063
Random Effects									
σ^2	0.00			0.02			0.00		
τ_{00}	0.00 $_{ID}$			0.00 $_{ID}$			0.00 $_{ID}$		
ICC	0.00			0.00			0.00		
N	218 $_{ID}$			218 $_{ID}$			218 $_{ID}$		
Observations	235			235			235		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.438 / 0.438			0.393 / 0.393			0.131 / 0.131		

Tabelul 2. Rezultatele modelelor LMM pentru modificările în timp a dimensiunilor corpului și a stării de sănătate la *Natrix natrix* (N = 317). Valorile *p* semnificative (< 0.05) sunt afișate cu caractere aldine. Abrevieri: SVL – lungimea de la bot la cloacă; BM – greutatea, SMI.rob – indicele robust scaled mass, M – mascul; N – numărul de indivizi unici; log10 – logaritm in baza 10; R^2 – coeficient de corelație marginal/condițional; Traduceri: predictor – variabilă explanatorie; Estimates – valori estimare; Year – an, CI – interval de confidentă; Random effect – efecte aleatorii; p – nivelul de semnificație; Observations – numărul de observații;

	log10(SVL)			**log10(BM)**			**SMI.rob**		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*	*Estimates*	*CI*	*p*	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	2.148	-1.593 – 5.888	0.259	12.447	0.125 – 24.768	**0.048**	0.000	0.000 – 0.000	**<0.001**
Year	0.000	-0.002 – 0.002	0.721	-0.005	-0.011 – 0.001	0.099	-0.000	-0.000 – -0.000	**<0.001**
Sex [M]	-0.071	-0.085 – -0.058	**<0.001**	-0.281	-0.326 – -0.235	**<0.001**	-0.000	-0.000 – -0.000	**<0.001**
Random Effects									
σ^2	0.00			0.02			0.00		
τ_{00}	0.00 $_{ID}$			0.02 $_{ID}$			0.00 $_{ID}$		
ICC	0.64			0.51			0.66		
N	317 $_{ID}$			317 $_{ID}$			317 $_{ID}$		
Observations	320			320			320		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.248 / 0.729			0.327 / 0.668			0.101 / 0.696		

Tabelul 3. Rezultatele modelelor LMM pentru modificările în timp a dimensiunilor corpului și a stării de sănătate la *Natrix tessellata* (N = 7396). Valorile *p* semnificative (< 0.05) sunt afișate cu caractere aldine. Abrevieri: SVL – lungimea de la bot la cloacă; BM – greutatea, SMI.rob – indicele robust scaled mass, M – mascul; N – numărul de indivizi unici; log10 – logaritm in baza 10; R^2 – coeficient de corelație marginal/ condițional; Traduceri: predictor – variabilă explanatorie; Estimates – valori estimare; Year – an, CI – interval de confidentă; Random effect – efecte aleatorii; p – nivelul de semnificație; Observations – numărul de observații;

	log10(SVL)			**log10(BM)**			**SMI.rob**		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*	*Estimates*	*CI*	*p*	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	1.423	0.634 – 2.211	**<0.001**	7.470	4.883 – 10.056	**<0.001**	0.000	0.000 – 0.000	**<0.001**
Year	0.001	0.000 – 0.001	**<0.001**	-0.003	-0.004 – -0.001	**<0.001**	-0.000	-0.000 – -0.000	**<0.001**
Sex [M]	-0.075	-0.077 – -0.073	**<0.001**	-0.271	-0.279 – -0.264	**<0.001**	-0.000	-0.000 – -0.000	**<0.001**
Random Effects									
σ^2	0.00			0.01			0.00		
τ_{00}	0.00_{ID}			0.02_{ID}			0.00_{ID}		
ICC	0.56			0.54			0.57		
N	7396_{ID}			7396_{ID}			7396_{ID}		
Observations	7538			7538			7538		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.330 / 0.704			0.374 / 0.714			0.070 / 0.603		

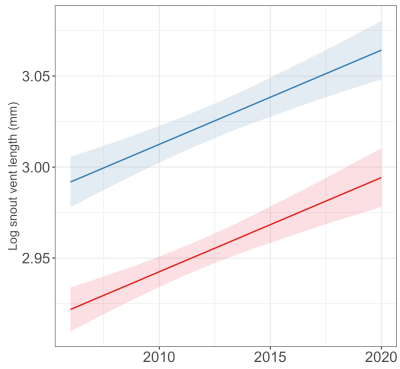
Tabelul 4. Rezultatele modelelor LMM pentru modificările în timp a dimensiunilor corpuluișsi a stării de sănătate la *Testudo graeca* (N = 401). Valorile *p* semnificative (< 0.05) sunt afișate cu caractere aldine. Abrevieri: SVL – lungimea de la bot la cloacă; BM – greutatea, SMI.rob – indicele robust scaled mass, M – mascul; N – numărul de indivizi unici; log10 – logaritm in baza 10; R^2 – coeficient de corelație marginal/ condițional; Traduceri: predictor – variabilă explanatorie , Estimates – valori estimare, Year – an, CI – interval de confidentă, Random effect – efecte aleatorii: p – nivelul de semnificație; Observations – numărul de observații;

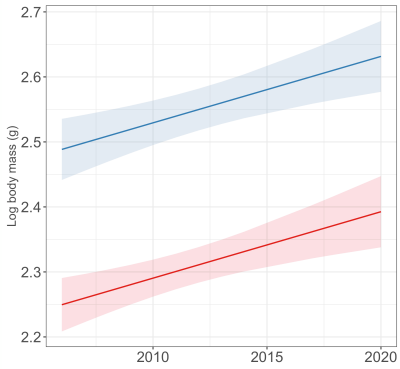
	log10(SCL)			**log10(BM)**			**SMI.rob**		
Predictors	*Estimates*	*CI*	*p*	*Estimates*	*CI*	*p*	*Estimates*	*CI*	*p*
(Intercept)	-1.940	-2.898 – -0.982	**<0.001**	-2.520	-5.461 – 0.420	0.093	0.024	0.016 – 0.032	**<0.001**
Year	0.002	0.002 – 0.003	**<0.001**	0.003	0.001 – 0.004	**<0.001**	-0.000	-0.000 – -0.000	**<0.001**
Sex [M]	-0.010	-0.018 – -0.003	**0.008**	-0.086	-0.108 – -0.064	**<0.001**	-0.000	-0.000 – -0.000	**<0.001**
Random Effects									
σ^2	0.00			0.00			0.00		
τ_{00}	0.00_{ID}			0.02_{ID}			0.00_{ID}		
ICC	0.94			0.93			0.46		
N	401_{ID}			401_{ID}			401_{ID}		
Observations	1149			1149			1149		
Marginal R^2 / Conditional R^2	0.016 / 0.943			0.080 / 0.936			0.326 / 0.635		

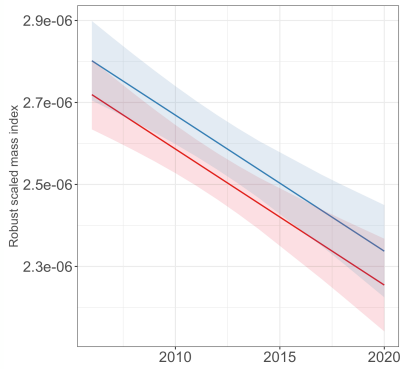
Relația dintre dimensiunea corpului și starea de sănătate și variabilele climatice

Pentru *D. caspius* am găsit o corelație pozitivă semnificativă între SVL și AOS și respectiv LT.avg (Tabelul 4 și Fig. 3a și b). Greutatea s-a corelat pozitiv semnificativ cu AOW și AOS și negativ cu LAO (Tabelul 4 și Figura 3 c, d, e), iar SMI.rob s-a corelat negativ semnificativ cu T.avg, AOS și LAOS și pozitiv cu AOW (Tabelul 4 și Figura 3 f, g, h).

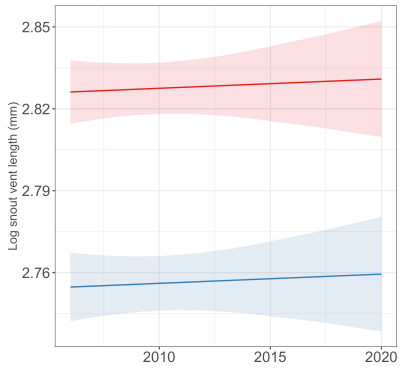
Dolicophis caspius

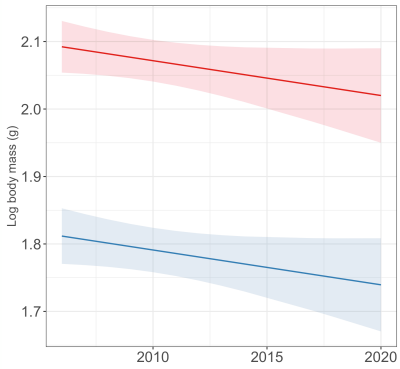


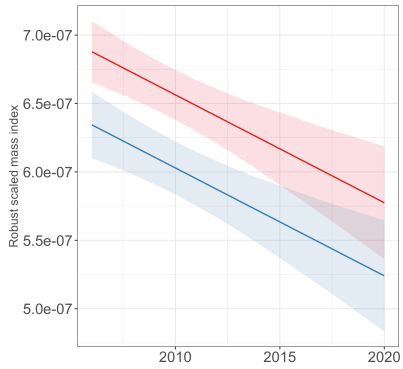




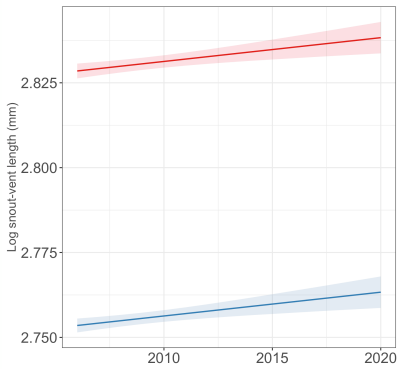
Natrix natrix

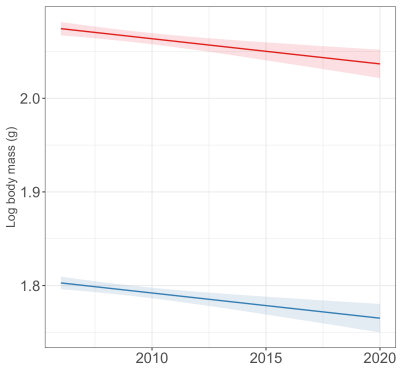


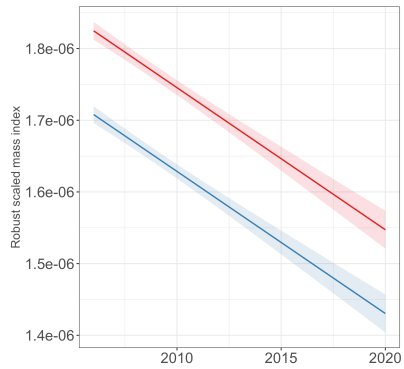




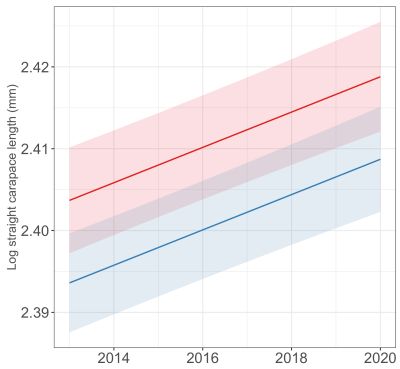
Natrix tessellata

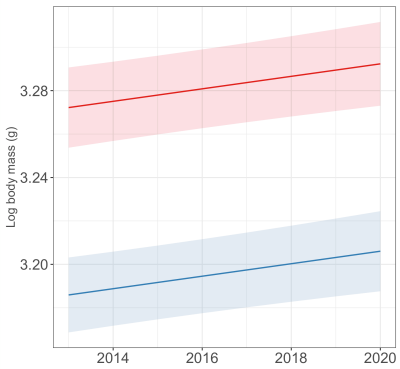






Testudo graeca





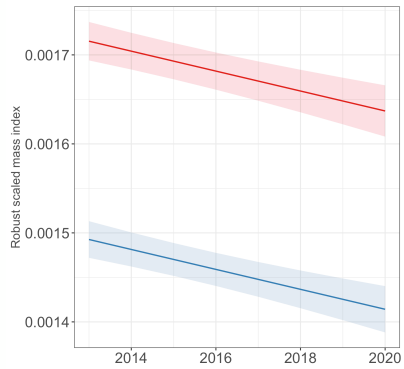
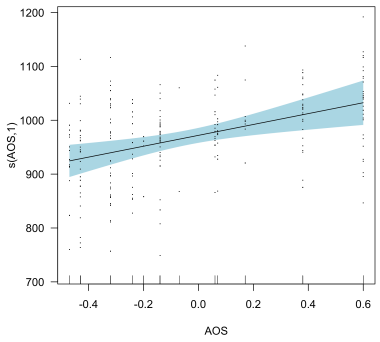


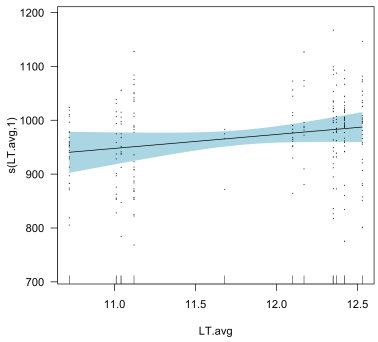
Fig. 2. Valorile estimate ale dimensiunilor corpului și a indicelui stării de sănătate pentru perioada 2006 - 2020 la speciile de șerpi, (*Dolicophis caspius*, *Natrix natrix* și *Natrix tessellata*) și pentru perioada 2010 - 2020 la țestoasa dobrogeană (*Testudo graeca*) din Complexul Arheologic Histria. Roșu - femele; Albastru - masculi. Zonele hașurate reprezintă intervale de confidență 95%. Traduceri: snout-vent length - lungimea de la bot la cloacă; body mass - greutatea; strait carapace length - lungime capace și robust scaled mass index - indicele stării de sănătate.

Pentru *N. natrix* SVL s-a corelat semnificativ cu toate variabilele climatice, cu excepția LAO, crescând cu T.avg, NAO și AOW, dar descrescând cu AO, AOS, LT.avg și LAOS (Tabelul 4 și Fig. 4 a-g). Greutatea a crescut semnificativ cu NAO și LT.avg și a scăzut cu AOS și LAOS. (Tabelul 4 și Figura 4 h-k). SMI.rob s-a corelat pozitiv semnificativ cu T.avg, AO și LAO și negativ cu AOW și LT.avg (Tabelul 4 și Fig. 4 l la p). Pentru *N. tessellata* SVL am găsit o corelație semnificativă negativă cu toate variabilele climatice, cu excepția AOS și AOW (Tabelul 4 și Figura 5 a-f). Greutatea a fost influențată negativ semnificativ de toate variabilele climatice, cu excepția AOW, LT.avg și LAO (Tabelul 4 și Fig. 6 g-k). SMI.rob a crescut semnificativ cu AO și a scăzut cu T.avg, NAO, AOW și AOS (Tabelul 4 și Fig. 5 l-p). Pentru *T. graeca* am găsit corelație semnificativă pozitivă cu NAO, AOW și negativ cu AO, LT.avg și LOA (Tabelul 4 și Fig. 6 a-e). Greutatea a crescut semnificativ cu T.avg și AOW și a scăzut cu AOS, LT.avg, LAO și LAOS (Tabelul 4 și Fig. 6 f-k). SMI.rob a fost influențat semnificativ pozitiv de T.avg și AO și negativ de AOS (Tabelul 4 și Fig. 6 l-n).

Lungimea de la bot la cloacă

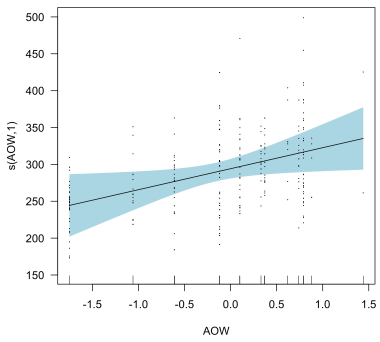


a)

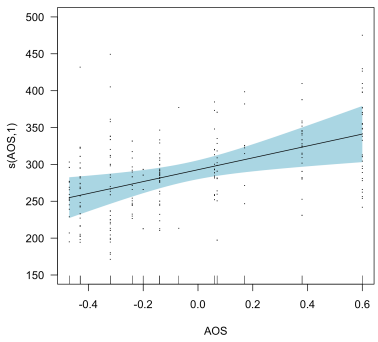


b)

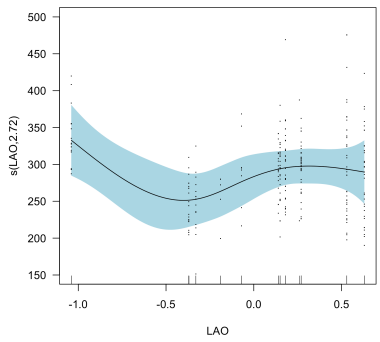
Greutatea



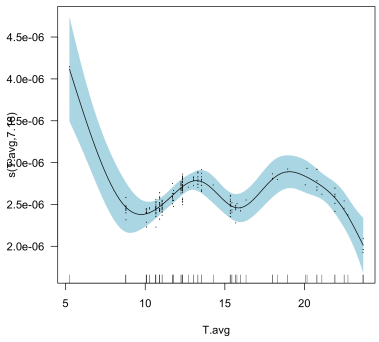
c)



d)

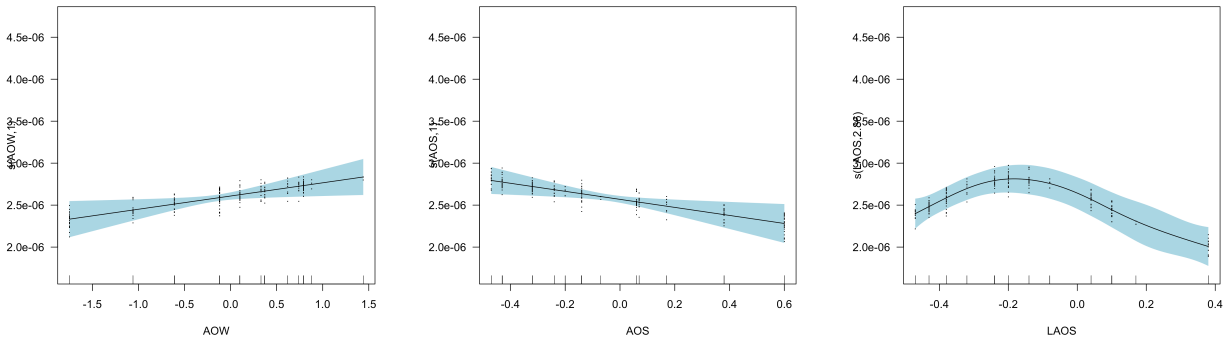


e)



f)

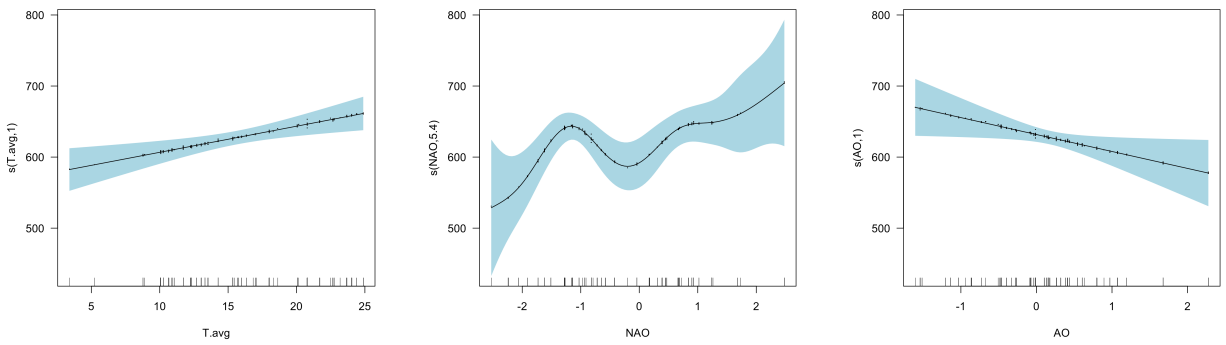
Indicele robust scaled mass index



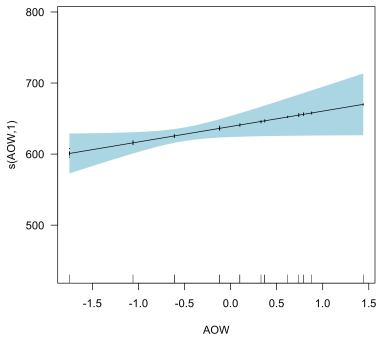
g) h) i)

Fig. 3. Reprezentarea grafică a rezultatelor modelelor GAM arătând efectul parțial al variabilelor climatice asupra dimensiunilor corpului (lungimea de la bot la cloacă și greutatea) și asupra stării de sănătate (indicele robust scaled mass) pentru *Dolicophis caspius* din Complexul Arheologic Histria. Zonele haşurate indică intervalele de confidență de 95%. Punctele reprezintă valorile reziduale parțiale. Marcajele de pe axa x reprezintă datele observate. Axa y reprezintă efectul parțial al fiecărei variabile. Scara a fost adaptată în funcție de valoarea interceptului (adică primul coeficient al modelului).

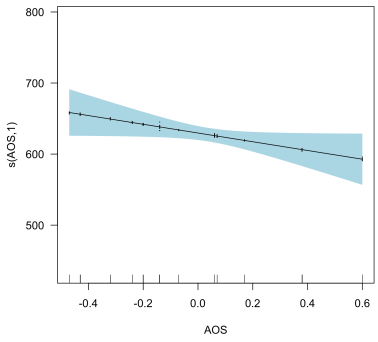
Lungimea de la bot la cloacă



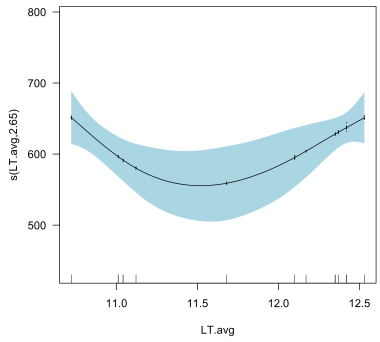
a) b) c)



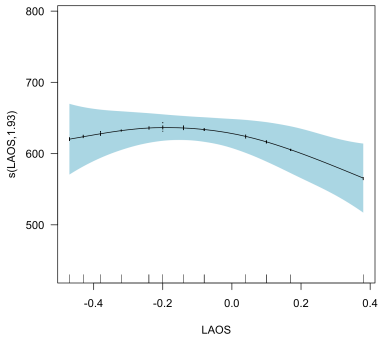
d)



e)

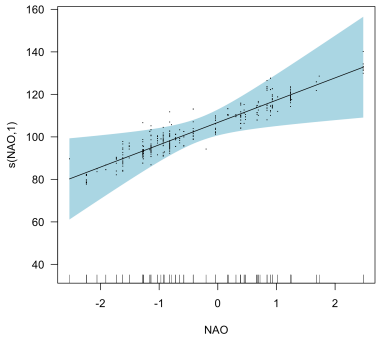


f)

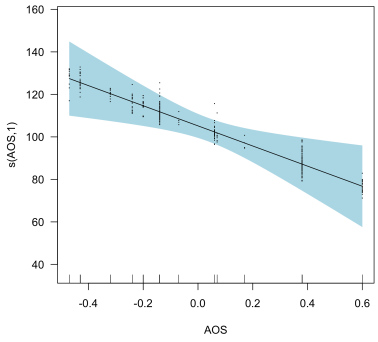


g)

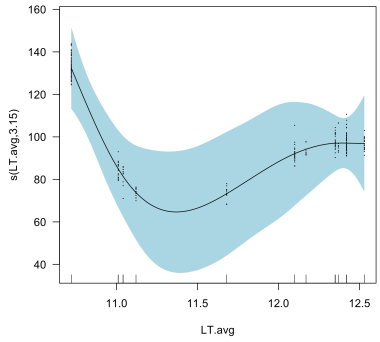
Greutatea



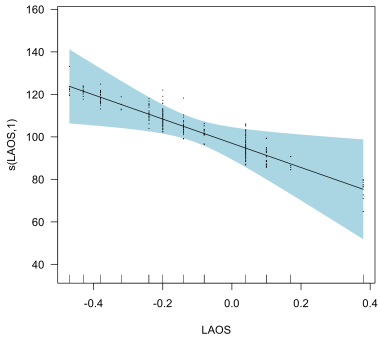
h)



i)

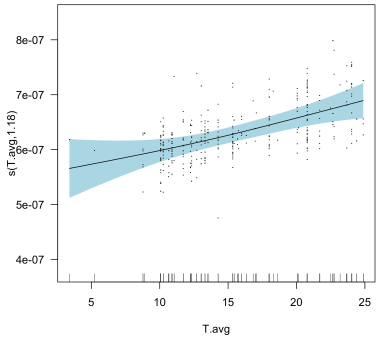


j)

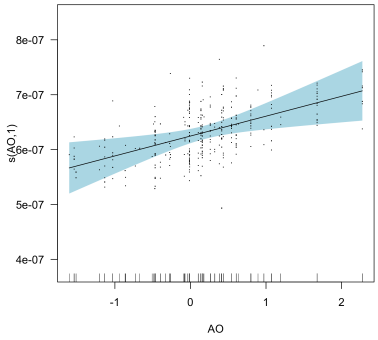


k)

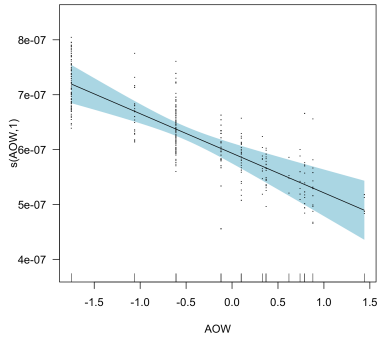
Indicele robust scaled mass



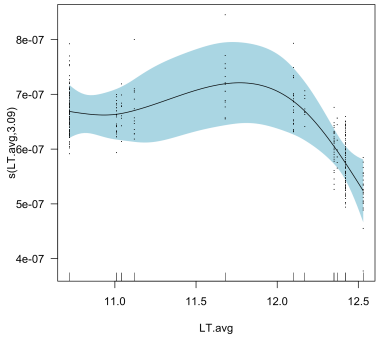
l)



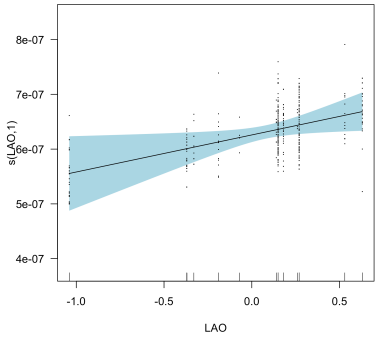
m)



n)



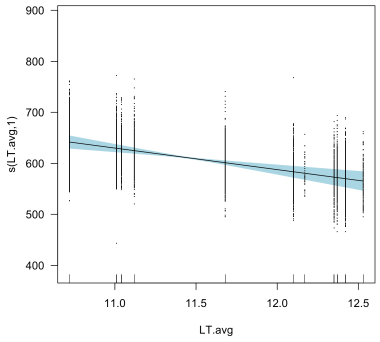
o)



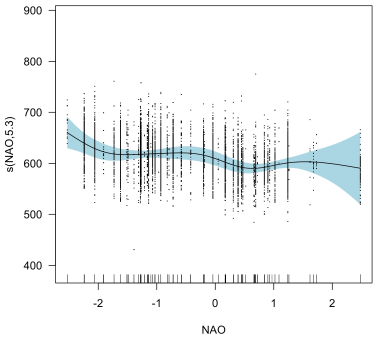
p)

Fig. 4. Reprezentarea grafică a rezultatelor modelelor GAM arătând efectul parțial al variabilelor climatice asupra dimensiunilor corpului (lungimea de la bot la cloacă și greutatea) și asupra stării de sănătate (indicele robust scaled mass) pentru *Natrix natrix* din Complexul Arheologic Histria. Zonele haşurate indică intervalele de confidență de 95%. Punctele reprezintă valorile reziduale parțiale. Marcajele de pe axa x reprezintă datele observate. Axa y reprezintă efectul parțial al fiecărei variabile. Scara a fost adaptată în funcție de valoarea interceptului (adică primul coeficient al modelului).

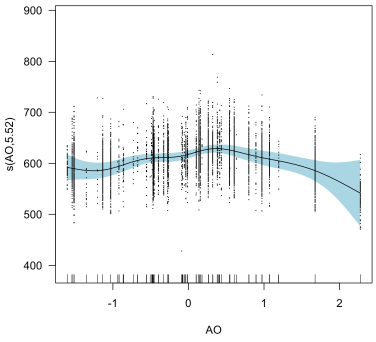
Lungimea de la bot la cloacă



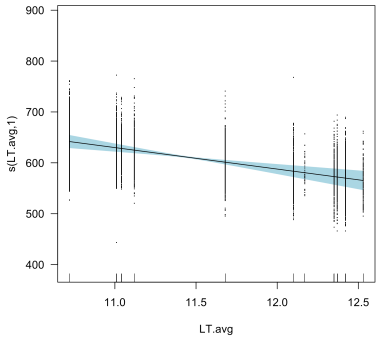
a)



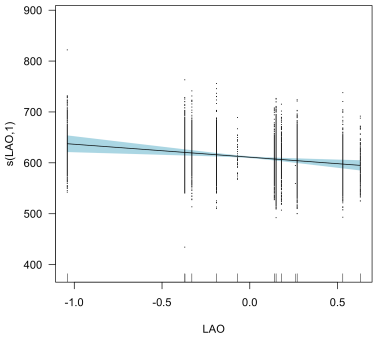
b)



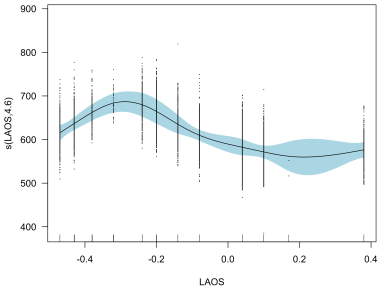
c)



d)

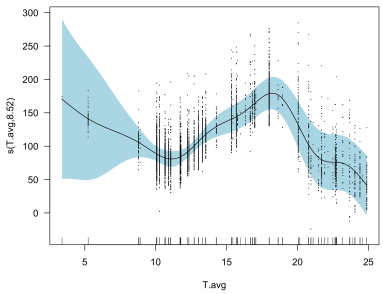


e)

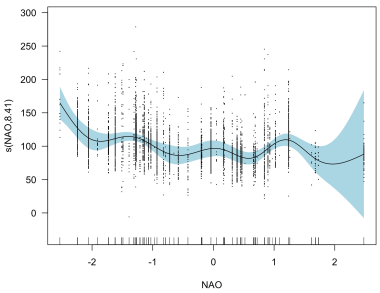


f)

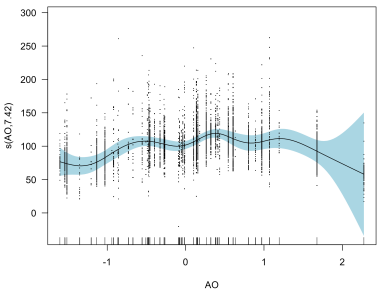
Greutatea



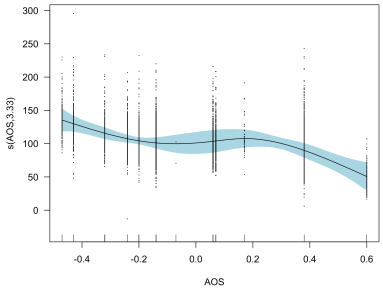
g)

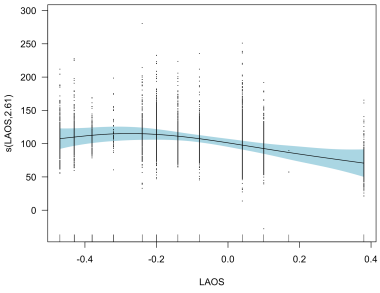


h)



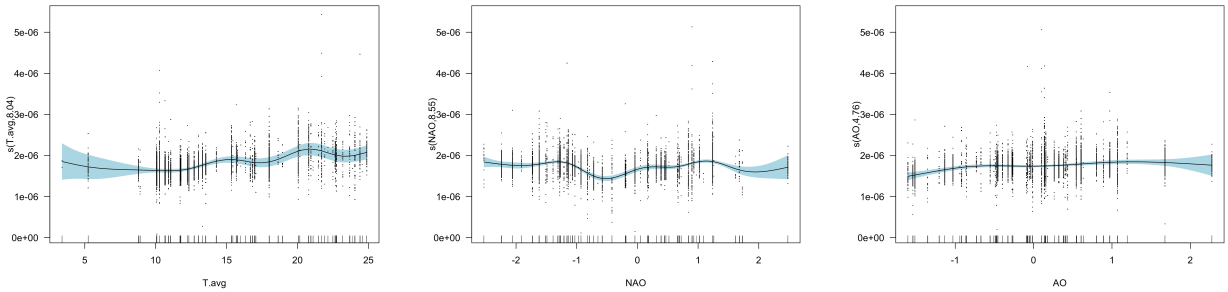
i)



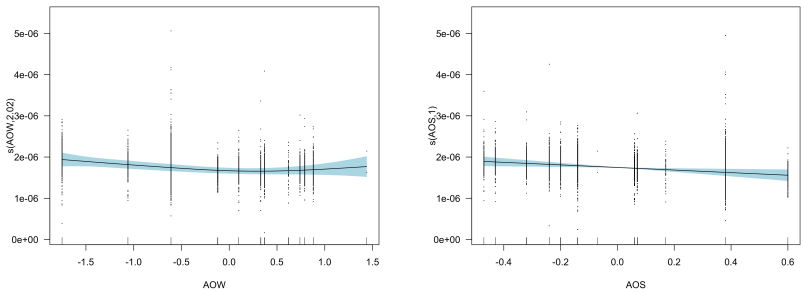


j) k)

Indicele robust scaled mass



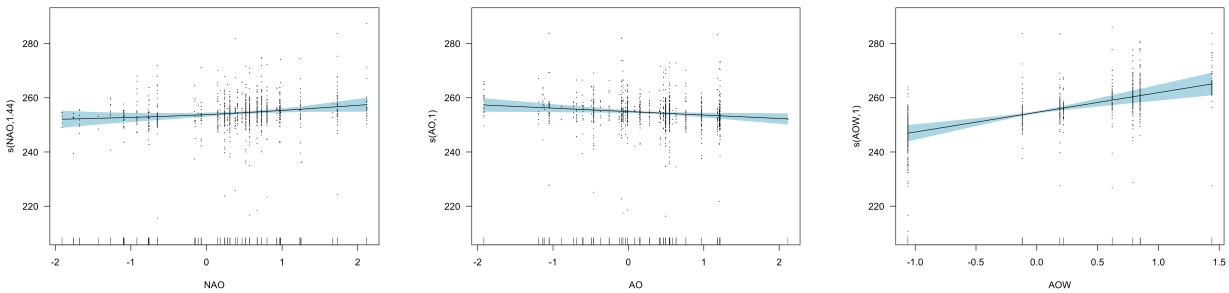
l) m) n)



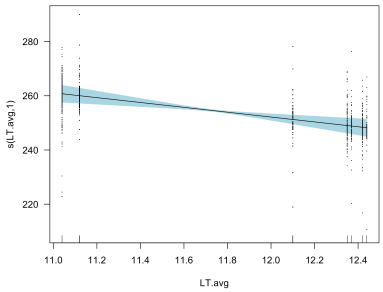
o) p)

Fig. 5. Reprezentarea grafică a rezultatelor modelelor GAM arătând efectul parțial al variabilelor climatice asupra dimensiunilor corpului (lungimea de la bot la cloacă și greutatea) și asupra stării de sănătate (indicele robust scaled mass) pentru *Natrix tessellata* din Complexul Arheologic Histria. Zonele haşurate indică intervalele de confidență de 95%. Punctele reprezintă valorile reziduale parțiale. Marcajele de pe axa x reprezintă datele observate. Axa y reprezintă efectul parțial al fiecărei variabile. Scara a fost adaptată în funcție de valoarea interceptului (adică primul coeficient al modelului).

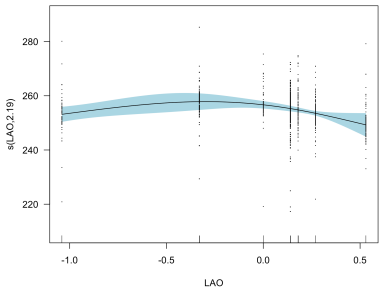
Lungimea curbă a carapacei



a) b) c)

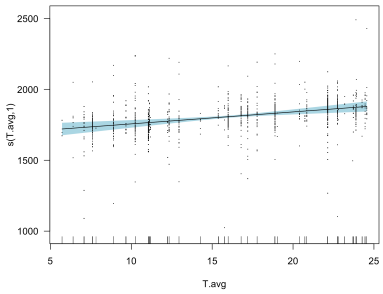


d)

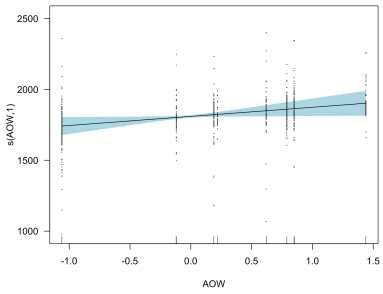


e)

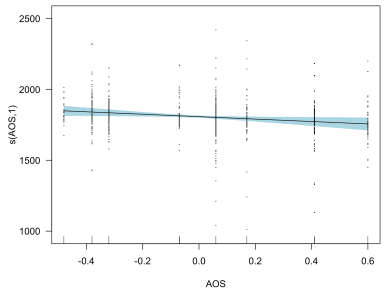
Greutatea



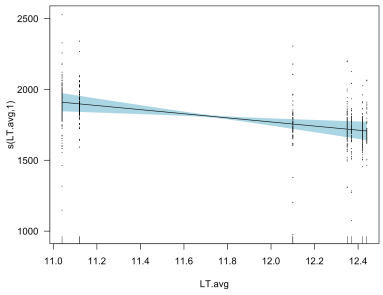
f)



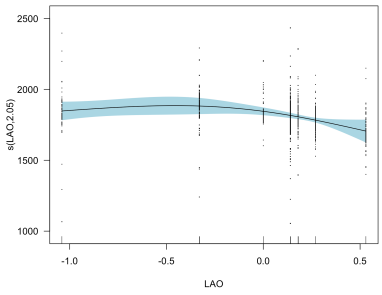
g)



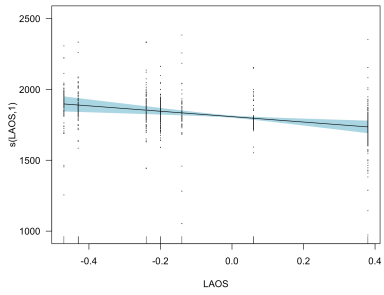
h)



i)

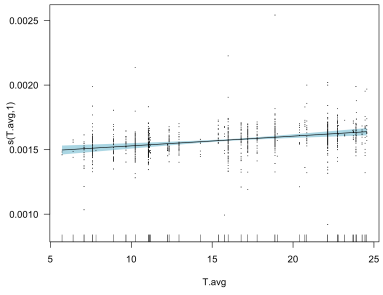


j)

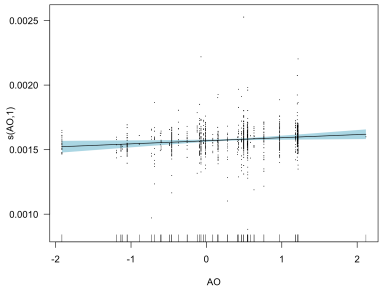


k)

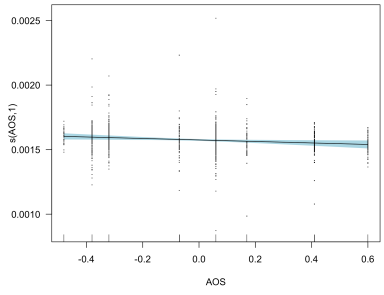
Indicele robust scaled mass



l)



m)



n)

Fig. 6. Reprezentarea grafică a rezultatelor modelelor GAM arătând efectul parțial al variabilelor climatice asupra dimensiunilor corpului (lungimea carapacei și greutatea) și asupra stării de sănătate (indicele robust scaled mass) pentru *Testudo graeca* din Complexul Arheologic Histria. Zonele hașurate indică intervalele de confidență de 95%. Punctele reprezintă valorile reziduale parțiale. Marcajele de pe axa x reprezintă datele observate. Axa y reprezintă efectul parțial al fiecărei variabile. Scara a fost adaptată în funcție de valoarea interceptului (adică primul coeficient al modelului).

Tabelul 4. Rezultatele modelelor GAMM pentru testarea efectului variabilelor climatice asupra dimensiunii corpului (lungimea de la bot la cloacă, greutatea, lungimea carapacei) și a stării de sănătate (indicele robust scaled mass) pentru cele trei specii de șerpi, *Dolicophis caspius*, *Natrix natrix* și *Natrix tessellat*a, și pentru specia de țestoasă, *Testudo graeca,* din Complexul Arheologic Histria. edf - gradele de libertate efective; F - valoarea testului statistic; P – nivelul de semnificație; T.avg – temperatura medie anuală (C^0); NAO – indicele de Oscilație North Atlantic; AO – indicele de Oscilație Artic; AOW – indicele de iarnă AO; AOS - indicele de vară AO; LT.avg – temperatura medie anuală cu efect întârziat (C^0); LAO - indicele de Oscilație Artic cu efect întârzia; LAOS – indicele de vară AO cu efect întârzia; SVL – lungimea de la bot la cloacă; BM – greutatea; SMI.rob – indicele robust scaled mass. Traduceri: Year – an, Month – lună.

	Dolichophis caspius								
	SVL (mm) (R^2 = 0.455)			BM (g) (R^2 = 0.451)			SMI.rob (R^2 = 0.471)		
	edf	F	P	edf	F	P	edf	F	P
T.avg	2948	2.035	0.147	3.182	1.383	0.225	7.162	10.58	**< 0.001**
NAO	1000	0.553	0.457	1.000	1.234	0.267	1.000	1.462	0.239
AO	1000	0.095	0.758	1.000	0.012	0.912	1.972	1.919	0.156
AOW	1000	3578	0.059	1.000	5.052	**0.025**	1.000	5.656	**0.018**
AOS	1000	10909	**0.001**	1.000	8.142	**0.004**	1.000	7.129	**0.008**
LT.avg	1000	2453	**0.014**	1.000	0.042	0.838	2.830	2.106	0.058
LAO	2510	4955	0.091	2717	2450	**0.049**	2056	2906	64
LAOS	1440	222	0.788	1.000	1.143	0.286	2.864	8.954	**< 0.001**
Year	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	**< 0.001**	0.000	0.000	1.000
Month	0.376	0.063	**< 0.001**	0.000	0.000	**< 0.001**	0.000	0.730	1.000
Sex	0.991	1.004	**< 0.001**	0.926	1.023	**< 0.001**	0.895	3.611	1.000

Natrix natrix									
	SVL (mm) (R^2 = 0.337)			BM (g) (R^2 = 0.4)			SMI.rob (R^2 = 0.264)		
	edf	F	P	edf	F	P	edf	F	P
T.avg	1000	10.005	**0.001**	1.000	2.965	0.086	1.183	15.14	**< 0.001**
NAO	5405	6.213	**< 0.001**	1.000	6.474	**0.011**	3.332	1.119	0.215
AO	1000	4.815	**0.028**	1.000	3.298	0.070	1.000	8.053	**0.004**
AOW	1000	4036	**0.045**	1.000	0.115	0.734	1.000	11.35	**0.001**
AOS	1000	3971	**0.047**	1.000	8.411	**0.004**	1.000	0.771	0.380
LT.avg	2647	4860	**0.021**	3155	3.872	**0.005**	3.086	2.850	**0.046**
LAO	1000	2470	0.116	1.000	1666	0.197	1.000	5151	**0.023**
LAOS	1928	2812	**0.045**	1.000	6.058	**0.014**	1.699	0.752	0.386
Year	0.000	0.000	1.000	0.000	0.000	**< 0.001**	0.000	0.000	1.000
Month	0.000	0.000	1.000	3325	0.480	**< 0.001**	0.000	0.000	1.000
Sex	0.903	2.266	**< 0.001**	0.922	1.753	**< 0.001**	0.885	1.468	1.000

Natrix tessellata									
	SVL (mm) (R^2 = 0.387)			BM (g) (R^2 = 0.436)			SMI.rob (R^2 = 0.443)		
	edf	F	P	edf	F	P	edf	F	P
T.avg	8148	9.670	**< 0.001**	8.130	12.321	**< 0.001**	8.044	6.522	**< 0.001**
NAO	5296	7.688	**< 0.001**	7.621	10.061	**< 0.001**	8.551	14.083	**< 0.001**
AO	5516	4.527	**< 0.001**	7.232	5.531	**< 0.001**	4.764	7.096	**< 0.001**
AOW	1518	928	0.230	1.000	2.827	0.092	2.020	2.835	**0.040**
AOS	1000	199	0.655	3.264	7.732	**< 0.001**	1.002	7.023	**0.008**
LT.avg	1000	23459	**< 0.001**	1.000	0.925	0.336	1.007	0.023	0.887
LAO	1000	10567	**0.001**	1.000	1251	0.263	1687	325	0.596
LAOS	4599	14021	**< 0.001**	2.767	8.334	**0.001**	1.000	0.109	0.741
Year	0.000	0.000	**< 0.001**	0.000	0.000	**< 0.001**	3.654	5.516	**< 0.001**
Month	5757	0.899	**< 0.001**	6098	1.110	**< 0.001**	5.214	10.675	**< 0.001**
Sex	0.999	2.739	**< 0.001**	0.997	5.126	**< 0.001**	0.951	20.286	**< 0.001**

	Testudo graeca								
	SCL (mm) (R^2 = 0.917)			BM (g) (R^2 = 0.925)			SMI.rob (R^2 = 0.688)		
	edf	F	P	edf	F	P	edf	F	P
T.avg	1000	0.077	0.781	1.000	16.830	**< 0.001**	1.002	21.531	**< 0.001**
NAO	1440	3.469	**0.028**	2.408	2.059	0.110	2.657	2.017	0.087
AO	1000	5.252	**0.022**	1.000	0.191	0.662	1.002	5.595	**0.018**
AOW	1000	26160	**< 0.001**	2188	4.559	**0.033**	1.001	2.869	0.090
AOS	1000	0.010	0.922	1.000	6.476	**0.011**	1.000	5.644	**0.017**
LT.avg	1000	15156	**0.001**	1000	10.037	**0.001**	1.000	0.140	0.709
LAO	2195	3456	**0.013**	1.000	5501	**0.003**	1002	3828	0.051
LAOS	1000	3393	0.065	1.000	11.324	**0.001**	1.001	3.577	0.058
Year	4814	0.000	0.755	0.000	0.000	0.340	0.000	0.000	0.785
Month	0.001	0.000	0.889	30461	0.480	**0.001**	4.354	4.651	**0.001**
Sex	0.864	6679.727	**0.006**	0.984	65859.75	**< 0.001**	0.957	3555.949	**< 0.001**
ID	384.8	28.431	**< 0.001**	0.038	29.761	**< 0.001**	25.38	2.650	**< 0.001**

Outreach ştiinţific şi pregătire profesională

Rezultatele proiectului au fost diseminate prin publicarea a două articole ştiinţifice şi prin participarea la o conferinţă naţională. Stagiile de pregătire profesională au fost anulate din cauza restricţiilor datorate pandemiei de covid 19.

Articole ştiinţifice

Băncilă, R. I., Plăiaşu, R., Stănescu, F., Schmidt, B. R., Nae, I., & Denoël, M. (2021). Food level and light conditions affect the antipredator behavior in larvae of a stream-breeding amphibian. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, *75*(2), 1-9.

Vlad, S. E., Cogălniceanu, D., Băncilă, R. I., & Stănescu, F. (2020). A case of color aberration in a fire salamander (*Salamandra salamandra*) larva. *Herpetozoa*, *33*, 213.

Poster conferinţă naţională

BIO.T.A (BIOdiversitate, Tradiţii şi Actualitate) 2021 Cluj-Napoca Fănaru G., Telea A.E., Melenciuc R., Gherghel I. Melanism in *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758) from Danube Delta Biosphere Reserve, Romania.