



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta biomedicínského inženýrství**

**Katedra biomedicínské techniky**

# **Návrh metod řízení pohyblivé plošiny k hodnocení pohybu drobných živočichů**

Bakalářská práce

**Vedoucí projektu:** Doc. Ing. Mgr. Patrik Kutílek, Ph.D.

**Vypracoval:** Julie Tomišková

# Anotace

---

Práce se zabývá konstrukčním návrhem a způsobem pohybu pohyblivé plošiny určené k hodnocení pohybu drobných živočichů. Na základě provedené rešerše jsou navrženy vhodné pohybové vzorce užití v algoritmech pro řízení pohybu aktuátorů pohyblivé plošiny tak, aby pohyb plošiny umožnil záznam stabilizačních reakcí živočichů umístěných na plošině. Plošina umožňuje hodnotit reakce na 1-D, 2-D i 3-D pohyb. V práci je vysvětlen způsob experimentálního měření a zpracování získaných dat. V práci je dále ukázáno testování plošiny měřením drobných živočichů (žab), a provedeno vyhodnocení pohybových dat pro vědecké účely. Na základě vyhodnocení výsledků je ověřena funkčnost plošiny a vhodnost navržených pohybových vzorců primárně pro 1-D pohyb.

## **Klíčová slova**

Dynamická plošina, stabilita, úhel

# Anotation

---

This work deals with design and technique of movement of mobile platform used for evaluation of the motion patterns of small animals. According to conducted research the proper motion patterns were used in algorithms for motion control of actuators of the mobile platform. These patterns enable recording the stability reactions of animals placed on the platform. The platform enables to evaluate responses of 1-D, 2-D and 3-D movement. In the theses are explained experimental methods and data evaluation. Furthermore, in the theses is described the testing of the platform by measuring small animals (small frogs). Evaluation of motion data was also performed. According to the verified results of functionality, the mobile platform is primarily suitable and can be proposed and for 1-D motion patterns.

## **Keywords**

Dynamic platform, stability, angle

Katedra biomedicínské techniky

Akademický rok: 2014/2015

## Z a d á n í   b a k a l á ř s k é   p r á c e

Student: **Julie Tomišková**  
Obor: Biomedicínský technik  
Téma: **Návrh metod řízení pohyblivé plošiny k hodnocení pohybu drobných živočichů**  
Téma anglicky: Design of control methods for rotating platform to study the movement of small animals

### Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je provést na základě současného stavu návrh metod řízení pohybu a použití pohybových vzorců pro pohyblivou naklápěcí plošinu, která je určena ke studiu funkce nervové soustavy vyšších živočichů. Navrhněte vhodné algoritmy způsobu řízení pohybu aktuátorů pohyblivé plošiny tak, aby pohyb plošiny umožňoval záznam typických pohybových vzorců segmentů těla živočichů umístěných na plošině. Upravte již vytvořený skript v prostředí MatLab pro řízení tří aktuátorů pohyblivé plošiny. Proveďte testování navržených algoritmů řízení, jejichž vhodnost v závěru práce vyhodnoťte s využitím dat popisujících pohyb plošiny a živočicha na plošině umístěného.

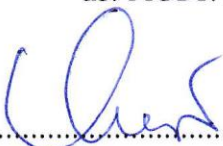
### Seznam odborné literatury:

- [1] Daniel M., Experimentální biomechanika, ed. skripta, ČVUT, 2008, ISBN 9788001039823
- [2] Tichý, M., Funkční diagnostika pohybového aparátu, ed. 1. vydání, Triton, 2001, ISBN 80-7254-022-X
- [3] Novák Petr, Mobilní roboty - pohony, senzory, řízení, ed. 1, BEN - technická literatura, 2005, ISBN 9788073001414
- [4] Karger Adolf, Kargerová Marie, Základy robotiky a prostorové kinematiky, ed. 1, ČVUT, Praha, 2008, ISBN 80-01-02183-1
- [5] LIBOR KONÍČEK, Počítačem podporované experimenty v přírodních vědách, ed. 1, Ostravská univerzita v Ostravě, 2006, ISBN

zadání platné do: 11.09.2016

Vedoucí: Ing. Patrik Kutílek, Ph.D.

Konzultant: as. MUDr. Rudolf Černý, CSc., Bc. Ján Hýbl (SPŠE Kladno)

  
.....  
vedoucí katedry / pracoviště

l. s.

  
.....  
děkan

V Kladně dne 23.02.2015

## **Poděkování**

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu panu Doc. Ing. Mgr. Patriku Kutílkovi, Ph.D. za vedení celé práce a pomoc při řešení jednotlivých problémů, které se během vývoje plošiny i samotného měření vyskytly. Dále bych chtěla poděkovat celému týmu, v rámci kterého jsme spolupracovali na vývoji systému, při měření i u zpracovávání výsledků. Také chci poděkovat as. MUDr. Rudolfu Černému, CSc. a studentům z Přírodovědecké fakulty, kteří se účastnili jednotlivých měření a poskytli testované živočichy.

# Prohlášení

---

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem **Návrh metod řízení pohyblivé plošiny k hodnocení pohybu drobných živočichů** vypracovala pod vedením Doc. Ing. Mgr. Patrika Kutílka, Ph.D. samostatně a použila k tomu úplný výčet citací použitých pramenů, které uvádím v seznamu přiloženém k závěrečné zprávě.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č.121/2000 Sb. O právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

*V Kladně dne 16. 5. 2016*

*Julie Tomišková*

podpis

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD A CÍL</b> .....	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REŠERŠE SYSTÉMŮ A METOD ŘÍZENÍ POHYBLIVÝCH PLOŠIN</b> .....	<b>13</b>
	2.1 POSTUROGRAFIE .....	13
	2.2 APLIKACE DYNAMICKÝCH PLOŠIN PRO STUDIUM POHYBU ŽIVOČICHŮ .....	14
	2.2.1 Aplikace plošin pro studium pohybu člověka .....	39
	2.2.2 Aplikace plošin pro studium pohybu člověka .....	39
	2.3 METODY OVLÁDÁNÍ AKTUÁTORŮ POHYBLIVÝCH PLOŠIN .....	41
	2.4 ZÁVĚR KAPITOLY .....	43
<b>3</b>	<b>NÁVRH DYNAMICKÉ PLOŠINY PRO STUDIUM POHYBU ŽIVOČICHŮ</b> .....	<b>44</b>
	3.1 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ .....	44
	3.2 VOLBA A NÁVRH POHYBOVÝCH VZORCŮ 1-D POHYBU .....	47
	3.3 VOLBA A NÁVRH POHYBOVÝCH VZORCŮ 2-D A 3-D POHYBU .....	51
	3.4 ZÁVĚR KAPITOLY .....	52
<b>4</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST</b> .....	<b>54</b>
	4.1 VOLBA MĚŘENÝCH ŽIVOČICHŮ .....	54
	4.2 VOLBA METODIKY UPEVNĚNÍ ŽIVOČICHŮ .....	56
	4.2.1 Použité parametry pohybu plošiny pro měření pohybů živočicha .....	58
	4.3 ZÁZNAM POHYBU ŽIVOČICHŮ JAKOŽTO ODEZVY NA ZVOLENÉ POHYBY PLOŠINY ....	60
	4.3.1 Detekce markerů na videu pomocí prostředí MatLab GUI .....	63
	4.3.2 Výpočet anatomických úhlů pohybu .....	63
	4.4 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ V PROSTŘEDÍ MATLAB .....	65
	4.4.1 Software pro zpracování údajů úhlů .....	67
	4.4.3 Určení period a práce s grafy .....	67
	4.5 POPIS VÝSLEDKŮ ZÍSKANÝCH V EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI .....	70
	4.6 ZÁVĚR KAPITOLY .....	72
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY EXPERIMENTÁLNÍ ČÁSTI</b> .....	<b>72</b>
	5.1.1 Výsledky měření .....	72

	5.2 DISKUZE .....	76
	5.3 ZÁVĚR KAPITOLY .....	77
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>79</b>
	5.2 NAPLNĚNÍ CÍLŮ PRÁCE .....	77
	5.3 PERSPEKTIVY DALŠÍHO VYUŽITÍ NAVRŽENÝCH METOD .....	78
<b>7</b>	<b>CITOVANÁ LITERATURA</b> .....	<b>79</b>
<b>8</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>87</b>



## Seznam použitých zkratek

CNS	Centrální nervová soustava
Dyn	Dynamický
ST	Statický
PLRS	Posturální končetinové reflexy
GVS	Galvanická vestibulární stimulace
f	Zástupný symbol pro úhlovou frekvenci
A	Zástupný symbol pro amplitudu pohybu
$t_p$	Zástupný symbol pro délku setrvání pozice
$t_r$	Zástupný symbol pro celkovou délku pohybu
$t_z$	Zástupný symbol pro dobu změny pozice
$\varphi_{max}$	Zástupný symbol pro maximální úhlovou výchylku
v	Zástupný symbol pro rychlost
$v_0$	Zástupný symbol pro počáteční rychlost
$a_0$	Zástupný symbol pro zrychlení
F	Zástupný symbol pro frontální rovinu
S	Zástupný symbol pro sagitální rovinu
T	Zástupný symbol pro transverzální rovinu
$\varphi$	Zástupný symbol pro úhel náklonu plošiny
$\omega$	Zástupný symbol pro úhlovou rychlost
t	Zástupný symbol pro čas
$\varphi_{(max)}$	Zástupný symbol pro maximální úhel náklonu plošiny
$\varphi_{(min)}$	Zástupný symbol pro minimální úhel náklonu plošiny
$\Delta\varphi$	Zástupný symbol pro celkovou změnu úhlu plošiny
$\Delta_{1A}$	Zástupný symbol pro parametr delta 1A
$\Delta_{2A}$	Zástupný symbol pro parametr delta 2A
$\Delta_{1B}$	Zástupný symbol pro parametr delta 1B
$\Delta_{2B}$	Zástupný symbol pro parametr delta 2B
$max_A$	Zástupný symbol pro parametr maximum 1
$max_B$	Zástupný symbol pro parametr maximum 2
$\Omega_{1A}$	Zástupný symbol pro parametr omega 1A

$\Omega_{2A}$	Zástupný symbol pro parametr omega 2A
$\Omega_{1B}$	Zástupný symbol pro parametr omega 1B
$\Omega_{2B}$	Zástupný symbol pro parametr omega 2B
$ROM_A$	Zástupný symbol pro parametr rozsah pohybu 1
$ROM_B$	Zástupný symbol pro parametr rozsah pohybu 2
MTP	Poloha markerů na zadních končetinách pro výzkumy [3] a [5]
MCP	Poloha markerů na předních končetinách pro výzkumy [3] a [5]
LF	Levá přední končetina
RF	Pravá přední končetina
LH	Levá zadní končetina
RH	Pravá zadní končetina
FDI	Moment vytvářený kontrakcí dorzálních mezikostních svalů
IMU	Použitý kamerový systém
fps	Počet snímků za sekundu

# Teoretická část

---

# 1 Úvod a cíl

Metoda dynamická posturografie byla zavedena za účelem výzkumu reakce organismu na změnu polohy v prostoru měřeného subjektu umístěného na plošině. V medicínské praxi mají využití především jednodušší systémy, které umožňují záznam reakcí měřeného subjektu na dynamické plošině, kdy dochází k náklonu pouze v jednom směru. Pro experimentální účely se využívají i složitější systémy, které umožňují pohyb kolem všech tří os v 3-D prostoru.

Pro vědecké účely je možné dynamické posturografie využívat i k hodnocení pohybu drobných živočichů, resp. jejich pohybových stabilizačních reakcí na pohyb plošiny. Cílem mé práce je provést na základě současného stavu návrh metod řízení pohybu a použití pohybových vzorců pro pohyblivou naklápěcí plošinu, která je určena ke studiu funkce nervové soustavy vyšších živočichů. V souladu s provedenou rešerší je navržen systém, který umožňuje měřit a vyhodnocovat stabilizační reakce měřených subjektů, tj. drobných živočichů, na pohyb plošiny. Tento pohyb je umožněn ve třech anatomických rovinách. Systém umožňuje záznam změny orientace konkrétních segmentů těla. Navržené algoritmy řízení pohybu aktuátorů pohyblivé plošiny umožňují tedy záznam typických pohybových vzorců segmentů těla živočichů umístěných na plošině. Celý systém a jeho řízení je realizován podle požadavků PřF UK a 1. LF UK. Součástí je také úprava skriptu k vyhodnocení výsledků měření. V rámci práce je zrealizováno několik pokusných měření k určení funkčnosti systému a vyhodnocení naměřených dat pro určení pohybové odezvy drobných živočichů na náklon plošiny. Výsledky testování systému ukazují na jeho vhodnost pro budoucí výzkum reakcí drobných živočichů na změnu polohy jejich těla v prostoru.

## 2 Rešerše systémů a metod řízení pohyblivých plošin

V této kapitole se zabývám již zrealizovanými výzkumy, při kterých byly zkoumány stabilizační reakce na změnu polohy měřeného subjektu (především drobnějších živočichů) v prostoru. Při těchto experimentech docházelo k vestibulární, optokinetické či kombinované (vestibulární i optokinetické) stimulaci. Pro návrh vhodného systému k experimentálním účelům pro měření s drobnými živočichy se zabývám při popisu těchto již zrealizovaných výzkumů: měřícím systémem s důrazem na pohyb plošiny, volbou měřených subjektů, způsobem uchycení subjektu v systému, způsobem záznamu experimentu a je-li to uvedeno, výstupy těchto experimentů.

### 2.1 Posturografie

*Posturografie* je obecný název, který zahrnuje techniky užívané ke kvantifikaci (hodnocení míry) a kvalitativnímu posouzení (určování charakteru) posturální rovnováhy, tj. rovnováhy stoje, a to za statických (*statická posturografie*) nebo dynamických podmínek na pohybující se plošině (*dynamická posturografie*). *Statická posturografie* zahrnuje stoj s otevřenými nebo zavřenými očima. *Dynamická posturografie* je složitější metodou objektivního měření posturální rovnováhy. Užívá se ke kvantifikování adaptivních mechanismů CNS, které se účastní regulace postoje a rovnováhy za přirozených i nepřirozených fyziologických podmínek. Mezi tyto mechanismy patří mechanismus smyslových vstupů – zrak, somatosenzorika, hmat, propiocepce, vestibulární systém centrální zpracování a motorická odpověď. [1].

V následujících částech kapitoly představím aplikace studia pohybu segmentů těla živočich během dynamické posturografie, které jsou prezentovány ve vědeckých článích a stanou se základem pro mnou navrhované metody řízení plošiny a měření subjektů.

## 2.2 Aplikace dynamických plošin pro studium pohybu živočichů

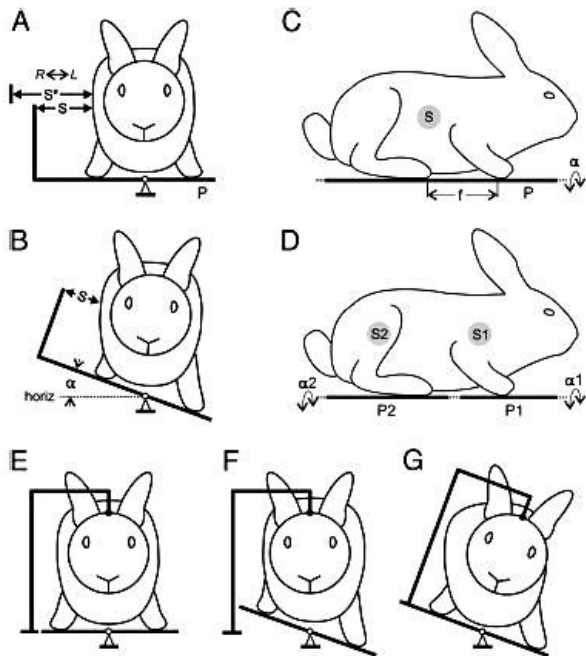
### a) Měření schopnosti udržování rovnováhy králíka domácího pomocí dynamické plošiny

Tento experiment byl zveřejněn v článku [2]. Pro provedení testu byli králíci umístěni na naklápěcí plošinu (p na Obr. 1A, a 1C). Povrch plošiny byl tvořen brusným papírem, aby se zabránilo klouzání zvířete při náklonu. Zvířata v něm reagovala přirozeně, protože před testováním nebyla vycvičena. Sagitální rovina byla zarovnána s osou plošiny (Obr. 1A). Králíci tak mají možnost zaujmout celou řadu pozic. Liší se vzdálenost mezi přední a zadní končetinou (f na Obr. 1C). Tato vzdálenost byla v testu v rozmezí 7-12 cm. V této vzdálenosti páteř nebyla ohnutá a mezi břišní částí a základnou byla vzdálenost 1-2 cm (Obr. 1C). Plošina se zvířetem byla periodicky nakláněna ve frontální rovině zvířete (Obr. 1B). Hlavní použité typy sklonu dráhy byly tyto: sinusová - trajektorie s frekvencí 0,5 Hz nebo 1 Hz a amplitudou  $\pm 20^\circ$  a lichoběžníková dráha s přechody mezi  $+20^\circ$  a  $-20^\circ$ . Doba jedné pozice byla 3s. Naklápění bylo provedeno manuálně a změřeno metronomem. Vzhledem k tomuto časování, byla sinusová frekvence poměrně stabilní ( $1.02 \pm 0.04$  Hz). Amplituda naklonění byla udržována s přesností  $\sim 1-2^\circ$ . Postavení zvířete v příčné rovině bylo sledováno pomocí mechanických čidel. Každý senzor sestával z proměnného rezistoru, jehož osa se otáčí pomocí dlouhé páky. Senzor S byl umístěn v polovině výšky těla (Obr. 1C). Tento snímač měřil mediálně-laterální posunutí laterálního trupu ve vztahu k plošině (Obr. 1, A a B). Kromě toho byl u dvou zvířat ještě senzor S \*, který snímal boční posunutí trupu vzhledem k okolnímu prostoru (Obr. 1A). Aby bylo možno zkoumat motorické odpovědi při složitých posturálních úkonech, byl králík umístěn na dvou platformách. Jedna byla pod předními končetinami a další pod zadními ( $p_1$  a  $p_2$  na Obr. 1D). Platformy mohou být nakloněny ve frontální rovině zvířat (úhly  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$ ) a to ve stejných fázích, nebo opačných. V případě různých frekvencí, nebo s pouze jednou nakloněnou plošinou - zatímco druhá zůstala ve vodorovné poloze. V těchto experimentech byly sledované posuny přední a zadní části trupu (ve vztahu k odpovídající plošině) snímány odděleně čidly,  $S_1$  a  $S_2$ , které se nachází ve středu oblasti odpovídající části těla (Obr. 1D). Pro identifikaci vizuálních a vestibulárních vstupů pro generování posturálních odpovědí na naklonění na dynamické plošině byly aplikovány následující způsoby. Vizuální vjem byl zrušen zaslepením zvířete neprůhlednou sádrovou bariérou, nebo testováním při úplné tmě. Hlava zvířete byla pevně připojena k základně rámu (Obr. 1E). Při naklonění plošiny ( $y$ ) zůstává rám nehybně v prostoru (Obr. 1F). V tomto

experimentu nebyly výsledky ovlivňovány vizuálními a vestibulárními vjemy a jediné vstupní informace o náklonu plošiny byly somatosenzorické. Hlava byla fixována k rámu (Obr. 1E). V tomto případě rámem bylo pohybováno společně s platformou (Obr. 1G). Za tohoto stavu pozorované zvíře nebylo schopno kompenzovat hlavou náklon a to vedlo k výraznému vzestupu vizuálních i vestibulárních vstupů vyvolaných daným náklonem. Dále byla detekována asymetrie v pravém i levém vestibulárním vstupu. Aplikována byla galvanická stimulace vestibulárních orgánů. Dvě povrchové elektrody ( $0,5 \text{ cm}^2$ ) byly bilaterálně připojeny ke kosti skalní. Napájení bylo konstantním proudem (2-3 mA) mezi elektrodami. Bylo-li zvíře v klidu, byl také vyvolán laterální náklon 1-2 cm směrem ke kladné elektrodě a tyto stimuly nebyly pro zvíře bolestivé. Tyto účinky nevedly k zneklidnění zvířete. Pro charakteristiku kinematicky-posturálních jevů se u pěti králíků nahrávalo video (25 snímků/s) z přední, boční, nebo horní části. Srst na končetinách a zadní části byla oholena. Na kůži byly připevněny papírové markery (Obr. 3 A,B). Tyto markery odrážely světlo. Osm odrážejících markerů bylo připojeno ke kůži končetin (Obr. 3 A,B) a osm bylo umístěno podél středové osy páteře, krku a hlavy (Obr 2.E). Videokamera byla umístěna ve vzdálenosti cca 2m od králíka. Záznamy byly analyzovány snímek po snímku. Signály z elektrod EMG a ze snímačů polohy byly zesíleny a digitalizovány vzorkovací frekvencí 5 kHz (EMGS) a 1 kHz (čidla). Zaznamenány na disk kompatibilní s IBM počítače pomocí získávání dat a softwaru pro analýzu (Power1401 / Spike 2, Cambridge Electronic Design, Cambridge, UK).

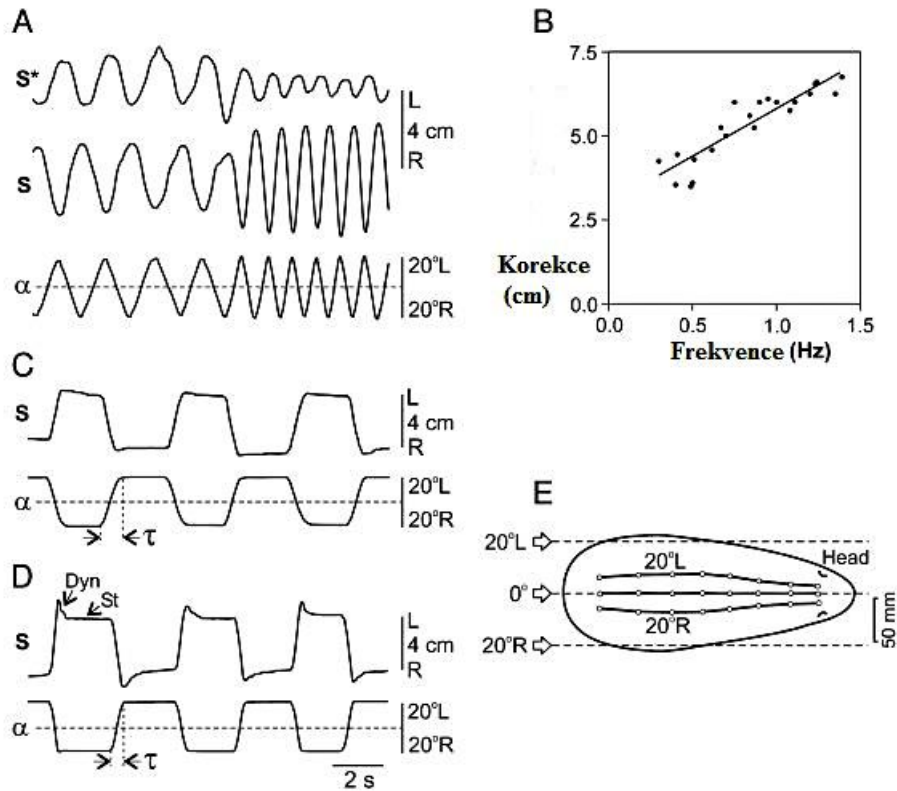
Výsledky testování posturální reakce na naklonění lze vidět na Obr. 2. Na Obr.2 A vidíme sinusový průběh pohybu platformy ( $\alpha$ ) způsobující boční posuny trupu ve vztahu k plošině (S) a vnějšímu prostoru (S \*). Zvýšení četnosti naklápění způsobilo zvýšení posturálních reakcí a pokles posunutí v prostoru. B: peak-to-peak hodnota posturálních reakcí na sinusový náklon. Pro jednoho králíka se vynese jako funkce frekvence naklápění. Lineární regresní přímka je také zobrazena ( $R^2 = 0,82$ ). C a D: reakce na pomalé a rychlé lichoběžníkové naklápění. Délka naklápění  $\tau$  byla  $\sim 1 \text{ s}$  v C a  $\sim 0,5 \text{ s}$  v D. V D jsou uvedeny pro jeden cyklus dynamické (Dyn) a statické (ST) složky reakce. E: posturální reakce v 8 bodech těla podél hřbetní středové osy. Je zde zobrazen obrys těla (pohled shora) pro 0 náklon ( $0^\circ$ ). Poloha těla hřbetní středové čáry je znázorněno pro náklony  $0^\circ$ ,  $20^\circ \text{ L}$ , a  $20^\circ \text{ R}$  (-). K desce byly pevně připevněny značky nad osou ve výšce horní části páteře a hlavy. Tyto markery označují odchylky těla od zadní středové osy. Na Obr. 3 jsou uvedeny vyrovnávací pohyby končetin během naklápění. A a B: obrys těla (pohled z pravé strany) je zobrazen pro náklon  $20^\circ \text{ R}$  a  $20^\circ \text{ L}$ . C a D: superpozice křivkových diagramů pro náklon  $20^\circ \text{ R}$  a  $20^\circ \text{ L}$ .

E: úhly různých kloubních spojení pro různé náklony plošiny naměřených v 1 reprezentativním experimentu, kde je S rameno; E, loket; H, kyčel; K, koleno; A, kotník.

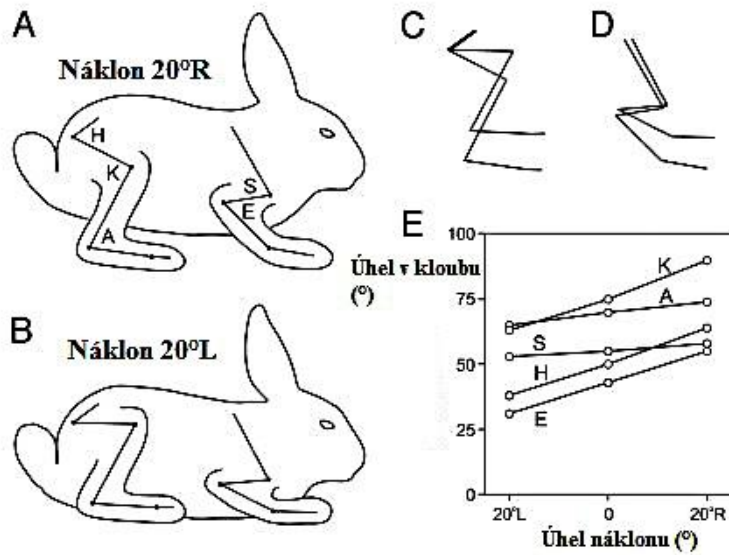


Obrázek 1: Experimentální uspořádání pro testování posturální reakce na naklonění [2]





Obrázek 2: Ukázka posturální reakce na naklonění [2]



Obrázek 3: Vyrovnávací pohyby končetin během naklápění, převzato z [2]

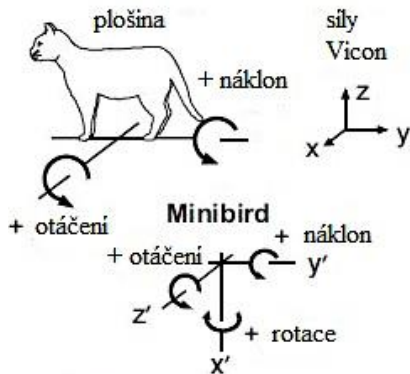
b) Měření schopnosti udržování rovnováhy kočky domácí pomocí dynamické plošiny

V článku [3] se zabývaly měřením schopnosti udržování rovnováhy kočky domácí. Měření se provádělo na třech dospělých kočkách (3,6 kg, 4 kg a 3,4 kg), které byly vyškoleny pomocí pozitivního posilování, aby stály nespoutané na 4 silových deskách namontovaných na rotační plošinu. Odměnu dostaly za to, když stály během otáčení na plošině, ale pokud vytvořily nějaké zvláštní reakce na pohyb, tak odměňovány nebyly. Po měsících tréninku byly kočky uspány a byly jim implantovány ocelové drátové elektrody v 16 svalech pro záznam EMG. V experimentu byly sledovány proximální a distální extensory končetin, které jsou typicky ovlivňovány při otáčení. EMG elektrody byly zavedeny přes pár konektorů do lebky. Před samotným měřením se zvířata nechala zcela zotavit. Během testování stál objekt v klidu s celkovou hmotností rozloženou rovnoměrně na pravou i levou stranu. Plošina se otáčela bez varování v režimu ramp-and-hold s  $6^\circ$  amplitudou a maximální rychlostí  $40^\circ/\text{s}$ . Tyto parametry jsou srovnatelné s těmi, které se používají při studiích na lidech (např:  $30^\circ$  na  $36^\circ/\text{s}$ ). Rychlost byla vysoká natolik, aby spolehlivě u zvířat vyvolala automatické posturální odpovědi. [4]

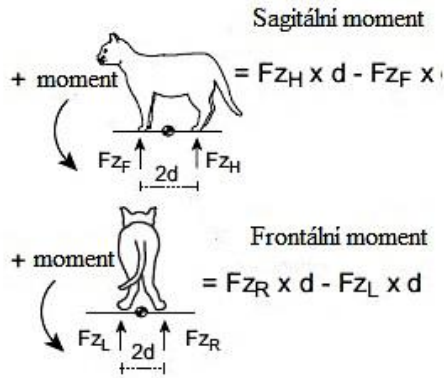
Kontrolní údaje byly shromažďovány během několika dní a každý den bylo zaznamenáno nejméně pět sekvenčních testů a ty byly zaznamenány pro každý ze čtyř směrů (Obr. 4). Celková doba měření byla 3s, včetně období 0,28 s do začátku pohybu plošiny. Úhlová poloha a rychlost platformy, tři komponenty lineární síly z každé ze čtyř silových desek a primární EMG aktivita byly zaznamenány při 1200 Hz pomocí systému Amlab. Kinematika těla byla zaznamenána u 120 Hz s použitím systému Vicon. Reflexní značky široké 7 mm byly umístěny bilaterálně na přední končetiny (MCP), zápěstí, loket, ramenní kloub, zadní končetiny (MTP), hlezenní kloub, koleno, kyčelní klouby a kyčelní část pánve. Pozice hlavy (6 df) byla zaznamenávána na 120 Hz pomocí Minibird s vysílačem namontovaným cca 20 cm nad hlavou kočky a přijímačem namontovaným na jednom z konektorů EMG. Údaje byly zpracovány v MatLABu. Doba rozjezdu platformy byla stanovena z plošiny pomocí úhlové rychlosti stopy. Pro digitální filtraci byl použit sixth-order Butterworthův algoritmus. Primární EMG bylo filtrováno horním propustem (35 Hz) pro odstranění pohybu artefaktu a střední hodnota. Síly byly filtrovány dolním propustem na 100 Hz a kinematické údaje na 7 Hz.

Výsledky testování můžeme vidět na Obr. 4. Obr. 4. A: Systém koordinace. Rotace v kladném směru otáčení (pravá strana nahoru a levá dolů). Osy otáčení byly kolineární s povrchem silové desky a protínaly se ve středu středové osy. Referenční síly rámu byly vyrovnány s platformou. Souřadnicový systém byl v souladu s ostatními systémy, ale otočen o  $90^\circ$  kolem osy  $y$ . Naměřené úhly byly Eulerovy úhly s nakloněním kolem osy  $z$  a otočením kolem osy  $y$ . B: Vzorec pro výpočet točivého momentu kolem osy otáčení plošiny v sagitální a frontální rovině.  $F_zH$ , vertikální síly pod zadními končetinami;  $F_zF$ , vertikální síla pod předními končetinami;  $F_{zL}$ , vertikální síly pod levou přídí a zadními končetinami;  $F_{zR}$ , vertikální síly pod pravou přídí a zadními končetinami;  $2d$ , vzdálenost mezi předními a zadními chodidly pro sagitální rovinu, vzdálenost mezi levou a pravou tlapkou pro frontální rovinu. C: osa těla a kloubů. Definice úhlů jsou uvedeny na obrázcích spojnicového grafu pro předozadní a frontální rovinu. Šipky označují směry - pozitivní a negativní - změny úhlu os těla.

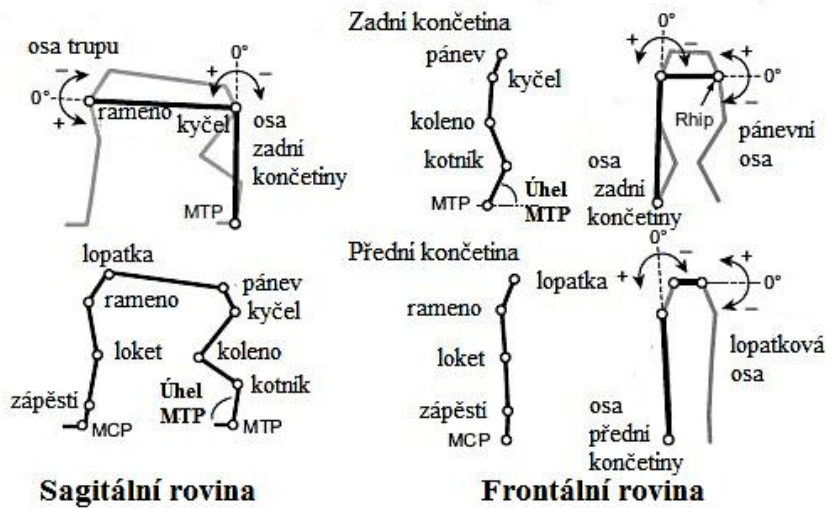
### A Systém koordinace



### B Výpočet momentu



### C Kinematické definice



Obrázek 4: Studium prostorové orientace při testování schopnosti udržení rovnováhy kočky domácí [3]

Z kinematického hlediska byly zajímavé končetiny a osový úhel trupu vzhledem k zemi ve vodorovné poloze a MTP úhel kloubu (Obr. 4C). Osa končetin je definována jako spojnice MTP kyčelních kloubů zadních končetin a MCP a ramenní klouby předních končetin. Sagitální osa je čára mezi ramenem a kyčelními klouby.

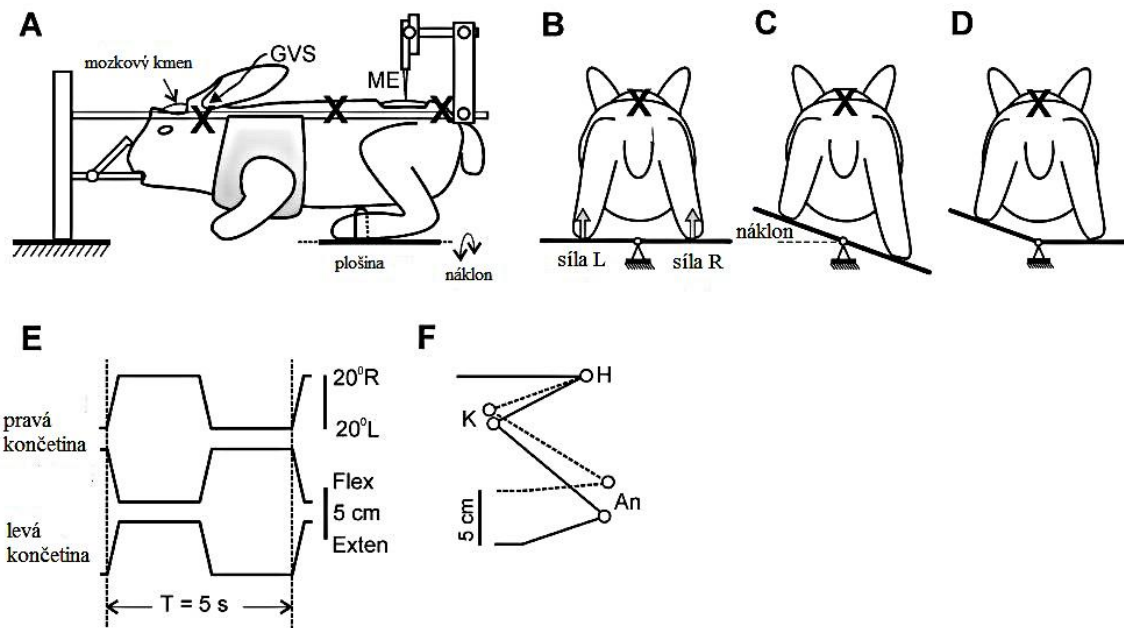
c) Měření pohybů končetin králíků a jejich reflexů na plošině

Měřením pohybů končetin na plošině se zabývali v experimentu uvedeném v článku [4]. Experimenty byly prováděny na 11 dospělých novozélandských králících (hmotnosti 2,5 - 3,5 kilogramy). Zvíře bylo uspáno a umístěno do kovového rámu. Hlava a páteř byla pro všechny pozorování pevně fixována (Obr. 5A). Mícha byla vystavena laminektomií na segmentech L4 a L5. Jejich dura mater (tvrdá plena mozková) byla ponechána beze změn. Výjimkou byly malé otvory (cca 1 mm<sup>2</sup>). Přes ně byly vloženy nahrávací elektrody. Do svalů zadní končetiny bylo implantováno osm bipolárních elektrod. V průběhu experimentu byly sledovány hodnoty životních funkcí tzn. teplota, krevní tlak a EMG. Teplota těla se udržovala na 37 až 38°C a krevní tlak na 90 mmHg.

Experimentální provedení je znázorněno na Obr. 5. Přední končetiny byly zavěšeny v elevační síti. Na zadní končetiny byly částečně fixovány dvě dynamické plošiny – jedna na pravou a druhá na levou zadní končetinu. Končetiny byly konfigurovány podobně, jako u volně stojících králíků, s úhly v kyčlích 25°, v kolenech 60° a v kotnících 50°. Distální část každé zadní končetiny byla adekvátně připevněna k plošině, tzn. mezichodidlová vzdálenost byla podobná jako při běžném postoji (11 cm). Plošina – jako celek i pro každou stranu zvlášť – je schopna periodického naklápění kolem mediální osy (Obr. 5 A-D). Toto vede k posunu distálního bodu pohybující se končetiny. Vzhledem k tomu, že poloha kyčelního kloubu byla pevně stanovena, byla naklápěním způsobována extenze a flexe protilehlých končetin. Tyto pohyby byly podobné těm, které byly pozorovány u standardních králíků při udržování rovnováhy na dynamické plošině [2].

Konstrukci experimentu můžete vidět na Obr. 5. A-D: králík byl umístěn v pevném rámu, a jeho hlava a páteř byly fixovány (body fixace jsou označeny X). Pro testování posturálních končetinových reflexů (PLRS) zadních končetin byly umístěny na platformě (B). Ta byla periodicky nakláněna v příčném směru jako celek (C), nebo jeho pravá (R) a levá (L) část samostatně (D). Náklon celé desky způsobil flexi jedné končetiny a extenzi druhé končetiny. Kontaktní síly pod levou a pravou končetinou byly měřeny pomocí silových snímačů (L síla a síla R). Dále byla provedena galvanická vestibulární stimulace (GVS) pomocí elektrod umístěných v uších. Činnost spinálních neuronů z L4-L5 byla zaznamenávána pomocí mikroelektrody (ME). Na Obr. 5 E: Časový profil (T) v ohybu (Flex) / prodloužení [roz; (F /

E)] pohyb pravé a levé končetiny způsobené nakloněním celé plošiny. A Obr. 5 F: Konfigurace končetin na 2 extrémní pozice desky (H, kyčelní kloub, K, kolenní kloub a An, hlezenní kloub).



Obrázek 5: Konstrukce experimentu, časový profil a konfigurace končetin novozélandského králíka, převzato z [4]

Naklápění platformy mělo lichoběžníkový průběh (Obr 5.E), který ukazoval jak dynamické, tak statické složky PLR (postural limb reflexes). Při naklápění od 20° nalevo (L) až do 20° napravo (R) byla maximální vzdálenost mezi dvěma krajními body chodidla (horní a dolní extrém) 5 cm (Obr. 5F), tyto pozice byly symetrické vzhledem k vodorovné plošině. Každá poloha se udržovala po dobu ~2s a přechod mezi nimi trval ~0,5 s. Jak prokazovaly záznamy z videa, nohy byly posouvány F/E pohybem kyčlí, kolen a kotníků s velikostí ~10°.

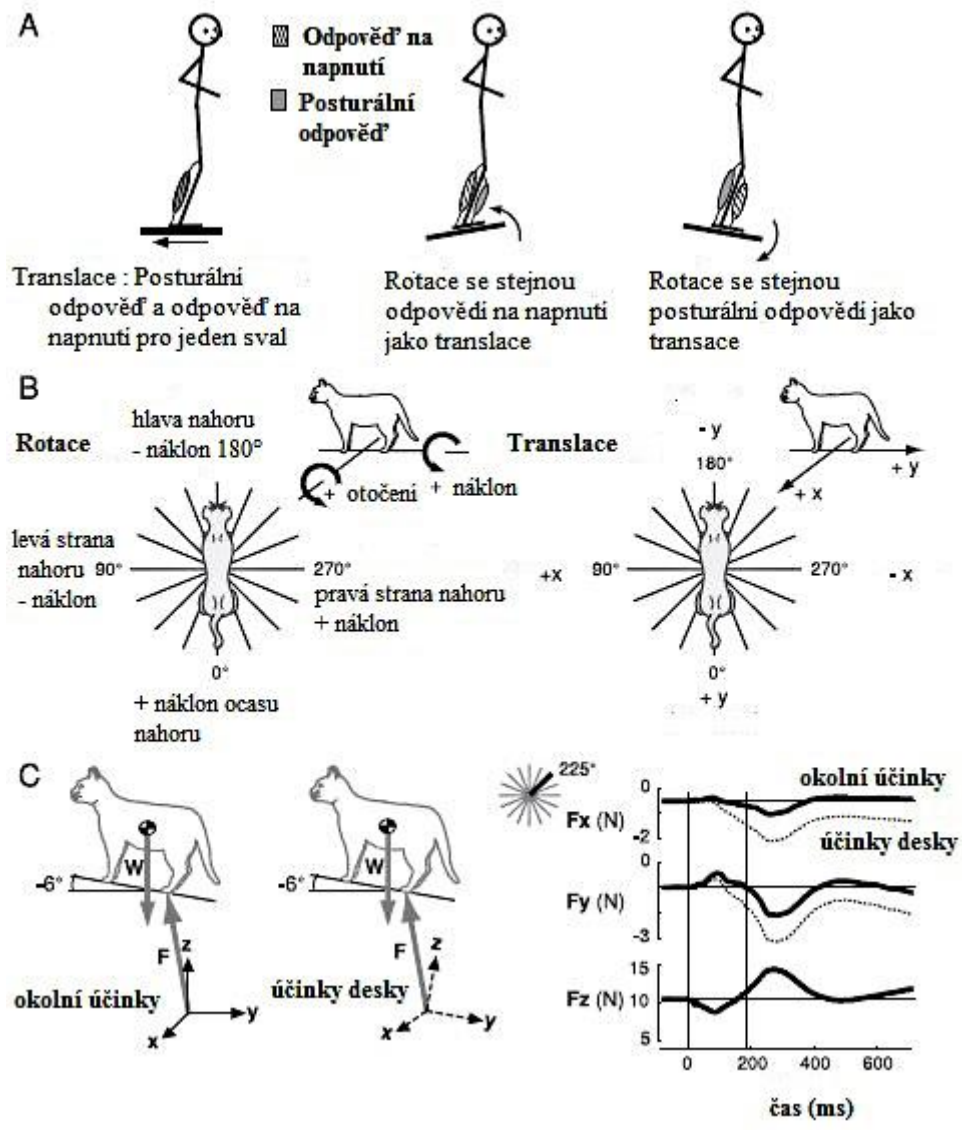
Lichoběžníkový pohyb plošiny se opakoval s periodou ~5s. Úhel naklonění se sledoval pomocí mechanického čidla a zaznamenával se jako změny svislé polohy nohou (Obr. 5E). Kontaktní síly pod končetinami byly měřeny pomocí silových senzorů (Force R and Force L; Obr. 5B).

d) Měření vlivu rotace a translace pohyblivé plošiny na změny postury člověka a kočky domácí

Měřením změny postury člověka a kočky domácí jakožto odezvy na rotaci a translaci pohyblivé platformy představuje článek [5]. Čtyři dospělé kočky domácí (3 samice, 1 samec, 3,2 - 3,8 kg) byly naučeny stát klidně – každá šlápějová část „tlapka“ byla na samostatné silové desce. Vzdálenost mezi silovými deskami byla nastavena na přirozenou vzdálenost ve stoji tzn. 26-28 cm na délku, 8 cm na šířku. Každé zvíře muselo rozložit svou hmotnost rovnoměrně mezi jednotlivé „tlapky“ a setrvat v klidu po dobu několika sekund.

Každé z koček byly implantovány elektrody do 16 svalů s použitím aseptické techniky. Elektrodové dráty byly přístupné pomocí dvou konektorů připevněných na hlavě. Aktivita svalů předních a zadních končetin byla zaznamenána.

U stojící kočky byly odchylky způsobeny díky použití dvou různých plošin. Posuvná a rotační. Obě byly instrumentované silovými deskami (Obr. 6B). Platforma se mohla pohybovat s použitím hydraulických pohonů (nahoru, dolů a v rotaci). Silové desky byly situovány do středu platformy. K rotaci docházelo kolem středového bodu desky a to na úrovni plochy silové plošiny. Tři vertikálně orientované pohony vepředu určovaly úhly naklápění a otáčení a byly ovládány počítačem, který disponoval kontrolním systémem v reálném čase (AMLAB). Lineární výchylku snímače na každém pohonu a rotační potenciometry měřící náklon a rotaci desky, polohu a orientaci desky bylo nutno sledovat a upravovat. Pro každou rotaci a translaci byly zaznamenávány tři záznamy (Obr. 6.B). Rotační odchylky se skládaly z náklonů o amplitudě  $6^\circ$  a maximální průměrné úhlové rychlosti  $40^\circ/\text{s}$ . Data z každé studie byla shromažďována po dobu 3 s - 300 ms v době statické polohy, 200 ms při konstantní rychlosti a 2500 ms při daném sklonu. Poté byla plošina navracena do své původní polohy, která byla pro každý pokus vodorovná. Posun byl lineární a jednotlivé posuny v horizontální rovině měly amplitudu 3 cm, trvaly 270 ms a maximální rychlost byla 15 cm/s. Amplitudy odchylek v rotaci a translaci byly vybrány k výrobě podobné amplitudy a rychlosti rotace kolem karpálních kloubů a metakarpofalangeálních (MCP) a metatarzofalangeálních (MTP). Reakční síly na každém chodidle, EMG a kinematika plošiny byly shromažďovány rychlostí 1200 vzorků/s pomocí AMLAB systému.



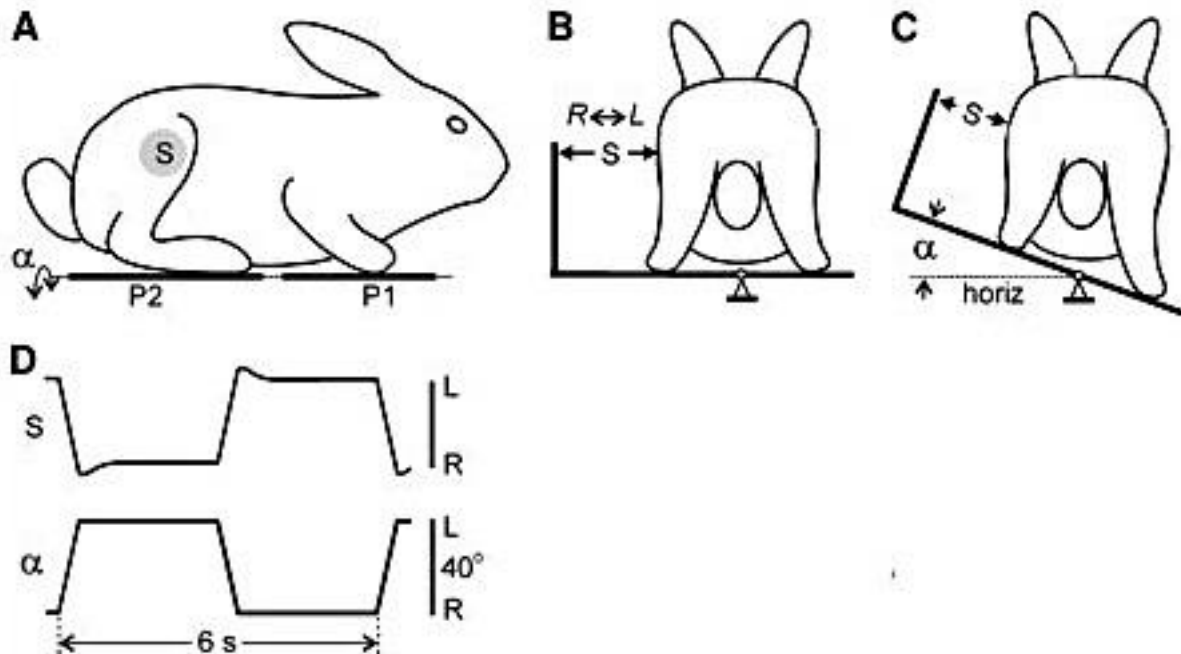
Obrázek 6: Schéma translace a rotace použité dynamické plošiny [5]

e) Měření pohybové reakce králíka domácího s poraněním páteře na pohyb pohyblivé plošiny

Měření pohybových reakcí králíka domácího s poraněním páteře na pohyblivé plošině se měřilo ve výzkumu [6]. Posturální zkoušky na dynamické plošině byly dříve popsány [7]. V tomto případě nebyl proveden žádný speciální výcvik králíků před testováním. Zvíře bylo umístěno na dvě plošiny (P1 a P2 na Obr. 7A) tak, aby P1 podpírala přední končetiny a P2 zadní. Osa otáčení procházela sagitální rovinou zvířete (Obr. 7, B a C). Povrch plošin byl



pokryt brusným papírem, aby se zabránilo sjíždění zvířete po plošině během náklonu. Plošina P2 byla naklápěna ve frontální rovině zvířete (úhel  $\alpha$ , Obr. 7, a C), přičemž P1 se udržovala ve vodorovné poloze. Použit byl lichoběžníkový náklon s přechody mezi stacionárními (krajními) pozicemi trvajících 0,5 – 0,7 s a každou pozicí udržovanou 2 – 3 s (Obr. 7D). Náklony byly symetrické ve vztahu k horizontální poloze. Hodnota mezi vrcholy (peak-to-peak) byla  $40^\circ$ . Menší hodnoty ( $20 - 30^\circ$ ) byly použity pouze u zvířat s páteří lézí, která nemohla kompenzovat náklon  $40^\circ$ . Obvykle se během studie prováděly cykly o 50 – 60 otáčkách.

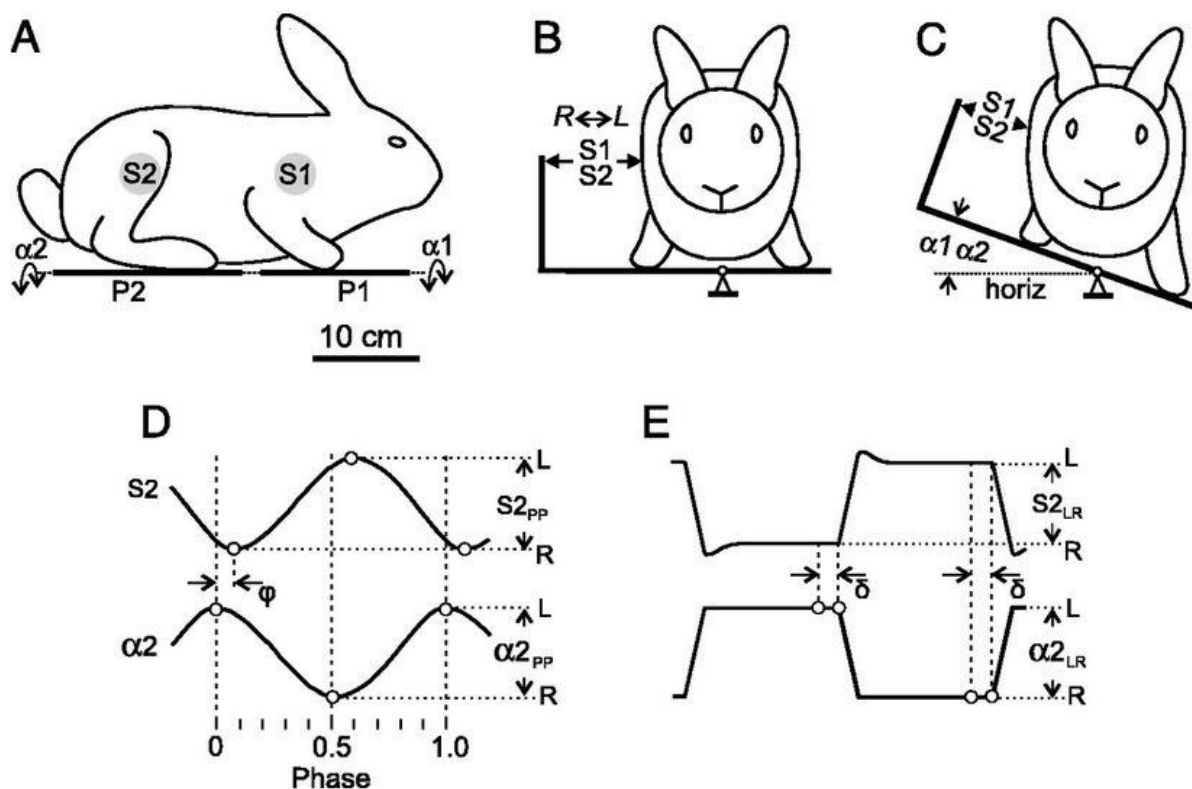


Obrázek 7: Návrh uspořádání experimentu a výsledky testování – lichoběžníkový typ náklonu [6]

f) Posturální testy na dynamické plošině pro určení posturální kontroly králíků s míšní lézí

V tomto výzkumu [7] nebyl proveden před testováním žádný speciální výcvik králíků. Zvíře bylo umístěno na dvě plošiny (P1 a P2 na Obr. 8A) tak, aby P1 podpírala přední končetiny a P2 zadní. Osa otáčení procházela sagitální rovinou zvířete (Obr 8, B a C). Povrch plošin byl

pokryt brusným papírem, aby se zabránilo sjíždění zvířete po plošině během náklonu. Při stožení mohli králíci zaujímat různé pozice s velkými vzdálenostmi mezi předními a zadními končetinami. V těchto pokusech však zvířata obvykle udržovala tuto vzdálenost v rozmezí 7 až 12 cm (Obr. 8A). V takové vzdálenosti nebyla páteř ohnutá a zbylo ještě 1-2 cm volného prostoru. V případě, že se vzdálenost mezi rameny výrazně lišila od optimální hodnoty, končetiny byly přemístěny. Plošiny mohly být nakloněny ve frontální i transverzální rovině zvířete (úhly  $\alpha_1$  a  $\alpha_2$ , Obr. 8, A a C). Obě plošiny byly buď naklápěny společně, nebo se pohybovala pouze plošina P2 zatímco P1 udržovala neustále vodorovnou polohu. Použity byly dva typy náklonů: sinusová (Obr. 8.D), s frekvencí 1 Hz, a lichoběžníková (Obr. 8.E) s přechody mezi stacionárními (krajními) polohami trvajících 0,5 až 0,7 s každou pozicí udržovanou 2 – 3s. V obou případech jsou náklony symetrické k vodorovné poloze s hodnotou peak-to-peak 40°. Menší hodnoty (20 nebo 30 °), byly použity pouze tehdy, když zvíře s míšní léze nemohla kompenzovat 40° peak-to-peak.



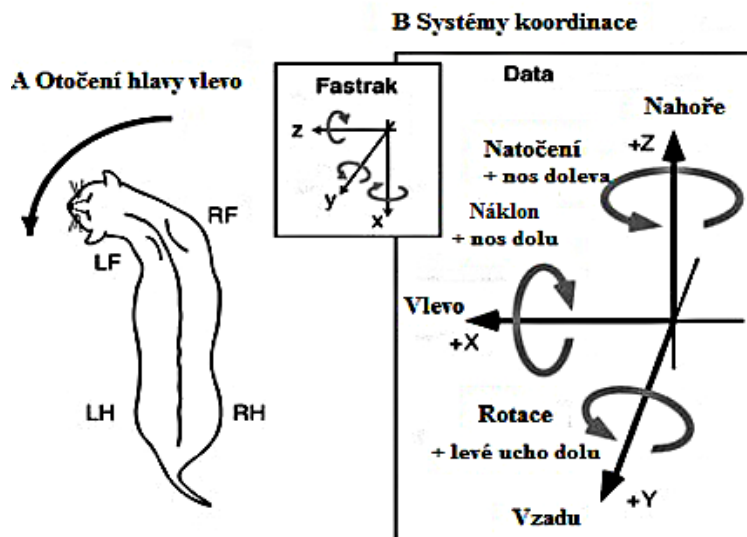
Obrázek 8: Experimentální uspořádání pro testování posturální reakce na klonění sinusovým a lichoběžníkovým způsobem náklonu [7]

g) Měření pohybové reakce kočky domácí na pohyb pohyblivé plošiny a další vnější podněty

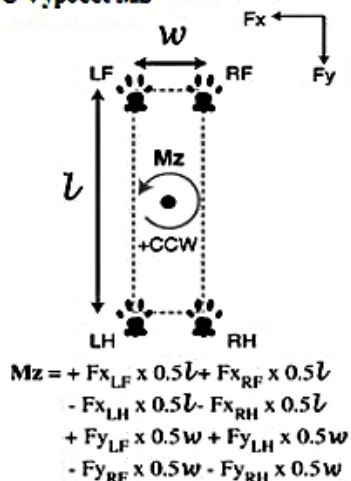
Měření koček pro studium reakce těla na změnu orientace v prostoru probíhalo tak, že stály při experimentu [8] nepřipoutané na čtyřech silových deskách tak, aby jejich hmotnost byla rovnoměrně rozložena na každou „tlapku“. Tyto desky byly fixovány na pohyblivé plošině. Každé zvíře udržovalo konstantní vzdálenost mezi předními a zadními končetinami. Tato vzdálenost odpovídala vzdálenosti při klasickém stoji na základně. Každé zvíře bylo vycvičeno tak, aby tento klidový postoj zachovalo a hlavu drželo vzpřímenou směrem vpřed. Dále byla zvířata vycvičena k rychlým pohybům hlavy vpravo-vlevo, což je popsáno na schématu (Obr. 9.A). Experimentátor stál před zvířetem a hodil objekt (frisbee, či jiná hračka pro kočky) napravo či nalevo od kočky. To vyvolalo rychlý pohyb hlavy. Každý cyklus setrval 5s z nichž vždy více jak 1s trval klasický postoj s hlavou vzpřímenou vpřed, načež následoval rychlý pohyb hlavy za předmětem. Pokud došlo k tomu, že se některá končetina

při pokusu vzdálila od silové desky, či zvíře hlavou pohnulo v době, kdy mělo stát v klidu, výsledky měření nebyly započítány.

Na Obr. 9 můžete vidět určení os a výpočet momentu. Obr. 9, A: Schematický pohled na natočení hlavy doleva. B: Souřadnicový systém. Data jsou prezentována včetně tělesné kinematiky a pozemních reakčních sil. Údaje o úhlech pohybu polohy hlavy jsou uvedeny podle následující konvence: Náklon byl definován jako otáčení hlavy kolem mediolaterální (X) osy (pozitivní = nos dolů), natočení kolem předozadní (Y) osy (pozitivní = levé ucho dolů) a rotace okolo svislé osy (Z) (pozitivní = nos vlevo). C: Vzorec pro výpočet celkového tělesného momentu síly kolem osy,  $M_z$ , ze složek síl  $F_x$  a  $F_y$  z levé a pravé přední končetiny (LF, RF) a zadními končetinami (LH, RH),  $l$  = vzdálenost střed-střed mezi přední a zadní silovou deskou,  $w$  = vzdálenost střed-střed mezi levou a pravou silovou deskou.



**C Výpočet Mz**

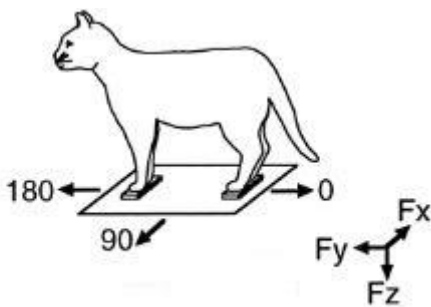


Obrázek 9: Chéma souřadného systému a matematický popis experimentu, převzato z [8]

h) Měření změny posturální stability kočky domácí měřením reakce na pohyb platformy a působení vnějších sil

Ve studii [9] byli použiti 4 dospělí samci kočky domácí (Ru, 3,9 kg, Ni, 4,8 kg, Re 3,8 kg a Go 4.36 kg). Kočky byly cvičeny v průběhu několika měsíců stát klidně na vyvýšené plošině. Zvířata byla umístěna na čtyřech silových deskách, tak že požadavek rozložení hmotnosti byl pouze pro přední končetiny (nikoli zadní). Dva experimentátoři se chovali jako „spotteři“, kdy jeden stál vpředu a druhý vzadu. Jeden experimentátor v případě nutnosti zachoval nosnost zadních končetin. Poloha bederního části páteře se mírně upravila použitím malé boční síly na jednu či druhou stranu pánevních končetin. S touto technikou mohla v některých

studiích zvířata zachovat vyváženou pozici na krátkou dobu. Když bylo dosaženo stability, experimentátor stáhl ruce a provozovatel počítače zahájil cyklus. V případě, kdy zvíře ztratilo rovnováhu, bylo zabráněno případnému pádu. Posturální stabilita byla hodnocena kvantifikací odezev na lineární pohyb plošiny v každém z 16 různých směrů, rovnoměrně rozmístěných v horizontální rovině. Pohyb byl ramp-and-hold posunutí střední rychlostí 16 cm/s. Amplituda byla konstantní pro všechny směry, ale byla zmenšena od maxima o 4 cm pro pohyb kolem podélné osy (y) a o 2,5 cm pro pohyb kolem laterální osy (x). Doba záznamu byla 1s, se 160 ms před pohybem. Pohyb plošiny byl zahájen, když zvíře stálo klidně. To netušilo, kdy dojde k pohybu a nebylo odměňováno za konkrétní reakce, ale za to, když stálo klidně tak, aby tlapy nenarušovaly silové desky. Zkoušky probíhaly v blocích, ale pořadí směrů, ve kterém byl pohyb vytvářen, se měnilo ze dne na den. Za těchto podmínek nemohla zvířata předvídat pohyb plošiny, a tedy nemohla předvídatelností změnit načasování, velikost nebo prostorovou realizaci posturální reakce. Každý den byl proveden pouze jeden záznam. Pět pokusů bylo provedeno pro každý ze 16 směrů, tedy celkem 80 pokusů za cyklus.

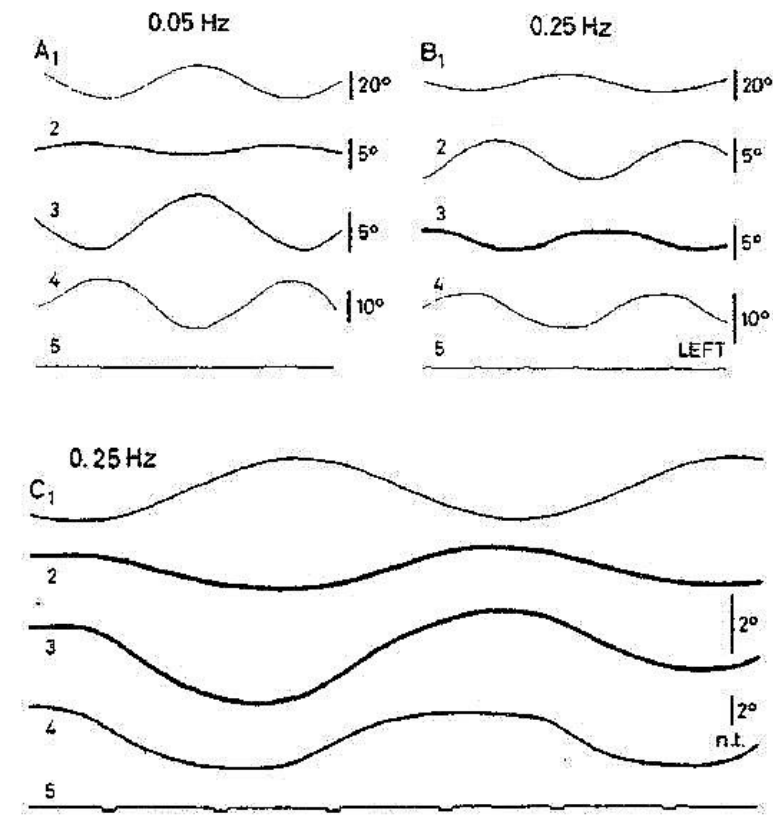


**Obrázek 10: Souřadný systém os směrů pohybu pro vyhodnocování [9]**

i) Studium kompenzačních pohybů hlavy žáby pomocí řízené pohyblivé plošiny

K vyvolání kompenzačních pohybů v horizontální poloze ve výzkumu [10] byly použity sinusové oscilace plošiny v prostoru. Vzhledem k mechanickému omezení sinusových stimulací byly použity frekvence do 1.0 Hz (škála: 0,025 – 0,5 Hz) a amplitudy větší než frekvenčně-závislá minimální podmínka ( $\pm 1^\circ$  pro 0,5 Hz a  $\pm 2^\circ$  pro 0,25 Hz). Nebyly sledovány žádné pasivní pohyby u žab s chirurgicky odstraněným labyrintem (oboustranně) umístěných ve tmě. Změny nenastaly ani při zrychlení  $100^\circ/s^2$ . Ve vzdálenosti 60 cm před očima zvířete byly promítány svislé černé a bílé pruhy (o periodě  $15^\circ$ ). Pohybovaly se

horizontálním posuvem s konstantní rychlostí, anebo sinusovým náklonem. Poloha a rychlost projektoru byla sledována na záznamovém grafu. Pohyb projektoru byl mírně opožděn vzhledem ke vstupnímu signálu zaznamenávaného společně s vyvolanou reakcí. Toto mechanické zpoždění v důsledku skluzu v zařízení bylo změřeno akcelerometrem připevněným na projektor a reakční časy vyvolaných reakcí se upraví právě o toto zpoždění. Pro zápis evokovaných pohybů byl použit systém magnetické cívky. Generátor pole cívky (20 x 20 cm) byl složen třemi páry vodičů. Každý pár pracoval na jiné frekvenci (300, 400 a 500 kHz). Cívky byly namontovány na otočnou plošinu se středem tří os rotace. Použito bylo homogenní magnetické pole). Tento systém povoluje přesné měření zkoumaných úhlů. Na Obrázku 11 A-C jsou zobrazeny vzorové pohyby hlavy a očí vyvolané sinusovými kmity. Pod vstupním signálem ( $A_1$ ,  $B_1$ ,  $C_1$ ) jsou zobrazeny u A, B vyvolané pohyby hlavy a u C jsou zobrazeny pohyby levého oka. Pohyby hlavy jako odpověď na vestibulární stimulaci jsou zobrazeny  $A_2$  a  $B_2$ , optokinetické  $A_3$  a  $B_3$ , kombinované  $A_4$  a  $B_4$  při maximálních indikačních frekvencích. Reflexe zrakového vjemu ( $C_{2-4}$ ) na vestibulární stimulaci stoupají s amplitudou ( $\pm 4$ ,  $10,5$  a  $16^\circ$ ). Spodní úsečka ( $A_5$ ,  $B_5$ ,  $C_5$ ) značí čas v sekundách.

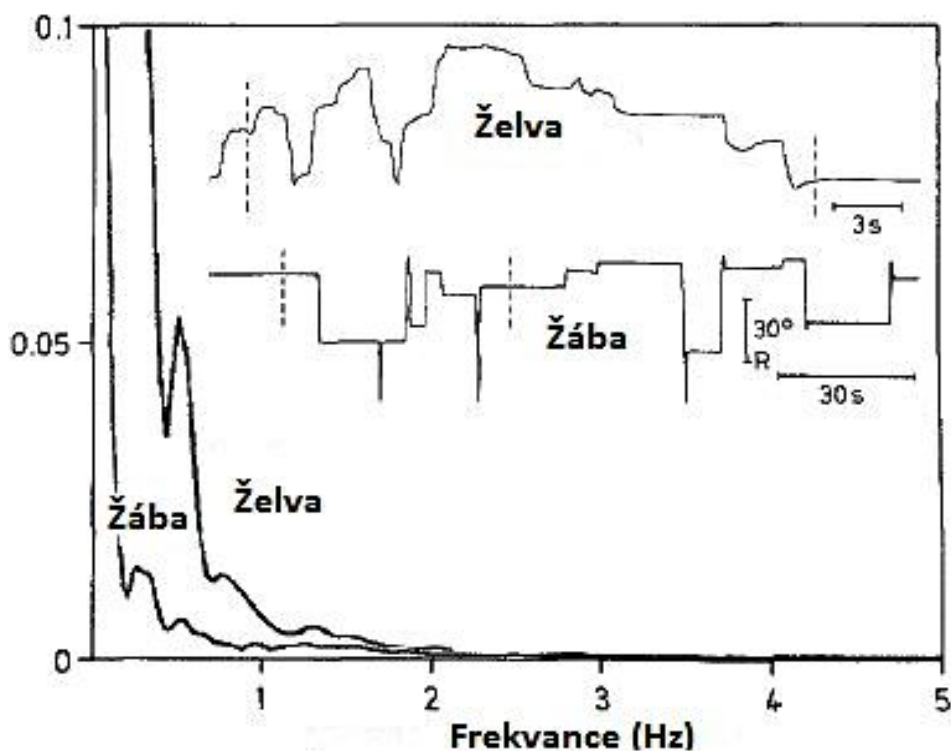


Obrázek 11.: Ukázka grafů z článku [10] s odpovědí na sinusové stimulační těla žáby v prostoru

j) Studium stabilizačních reflexů žáby a želvy pomocí pohybů plošiny

Při tomto pokusu [11] se plošina s tělem živočicha otáčela a zároveň se měření provádělo po tmě (vestibulární stimul), zvíře se otáčelo před vzory světelných bodů různých velikostí, které byly promítány na stěnu (kombinovaný – optokinetický a vestibulární stimul), nebo rotoval světelný projektor kolem zvířete ve stacionární poloze (optokinetický). Projekce mohla být vypnuta během kratší doby než 50 ms díky elektronicky řízené závěrce. Rotace projektoru s uzavřenou závěrkou nevyvolávala žádnou zjištělou odezvu. Kroková rychlost otočné plošiny se skládala ze zrychlení a zpomalení  $100^\circ/\text{s}^2$ . Frekvenční rozsah pohybů hlavy žáby a želvy při pokusech o útěk znázorňuje Obr. 12. Pozn.: Rozdíly v časových škálách pohybů hlavy u žáby a želvy. R – pro pohyb hlavy vpravo.





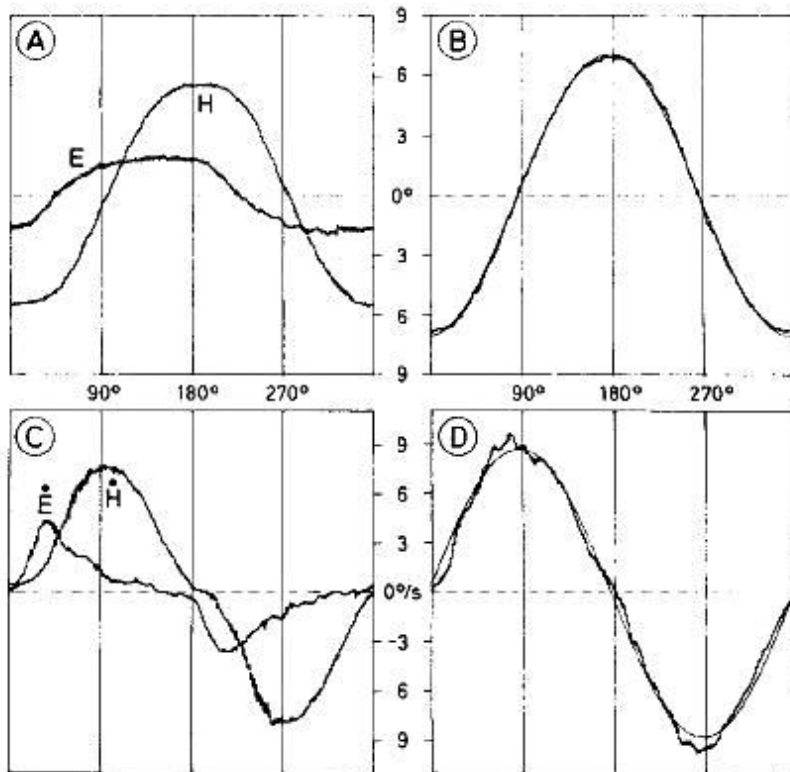
Obrázek 12.: Ukázka výsledků studie [11] s grafem časové a frekvenční závislosti pohybu hlavy žáby a želvy

k) Měření role kompenzačních pohybů očí a hlavy žáby

V tomto pokuse [12] byly na střed rotační plošiny namontovány válec a cívka generující magnetické pole. Kolem plošiny byla instalována bílá válcová stěna, na kterou pomocí projektoru byly promítány světelné body různých velikostí.

Každé zvíře bylo testováno minimálně dvakrát na oscilující plošině od  $\pm 2,5$  do  $\pm 20^\circ$  a frekvencí 0,2 Hz před stacionárním optokinetickým vzorem. Na této frekvenci jsou odpovědi na malé stimulační amplitudy ovládány optokinetickým systémem, zatímco při velkých stimulačních amplitudách vestibulárním systémem. Odpovědi nebyly přijaty ke zpracování pokud v průběhu času došlo k silnému poklesu amplitudy, nebo v případě, že zvíře nestálo klidně. Na Obr. 13 A, C jsou znázorněny průměrné pohyby očí ( $E, \dot{E}$ ) a hlavy ( $H, \dot{H}$ ) a

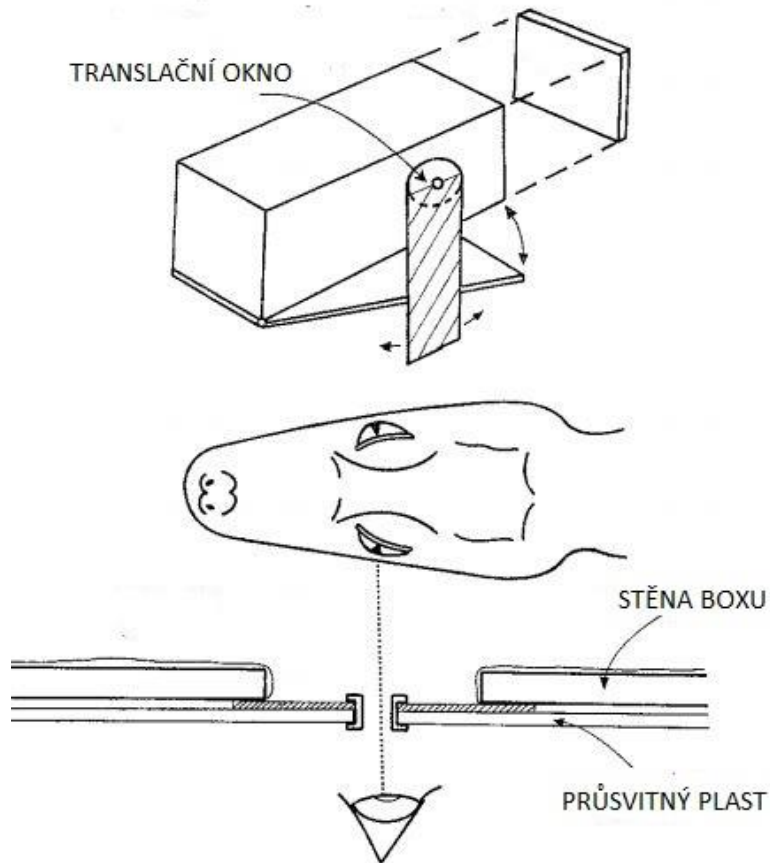
rychlostní záznamy. B, D zobrazuje průměrné polohy a rychlosti jednotlivých „pohledů“. Podněty byly vyvolány kmity plošiny s parametry 0,2 Hz a  $\pm 10^\circ$  při světle.



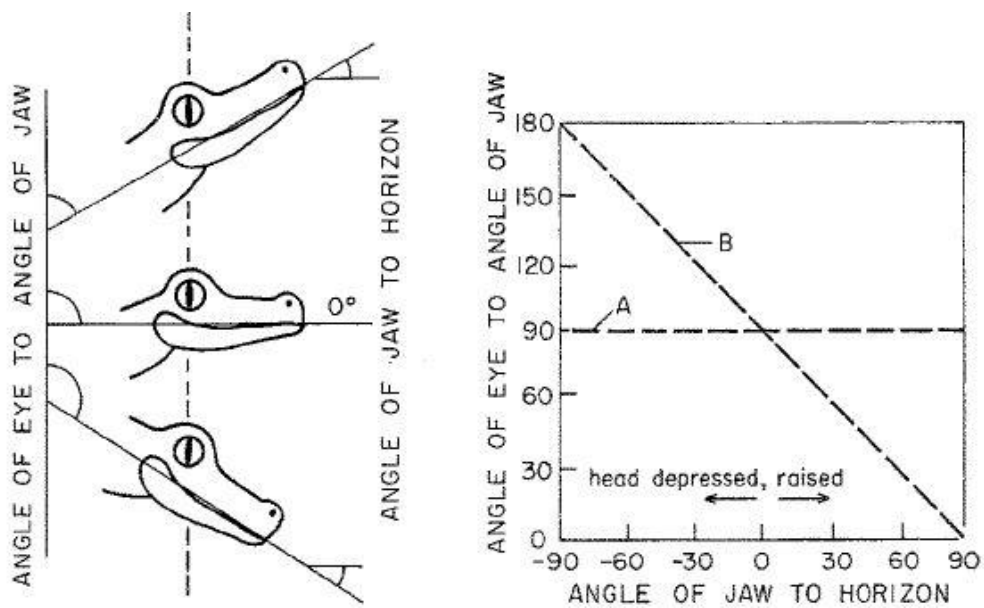
Obrázek 13.: Příklad výsledků studie [12], kde diagramy ukazují Průměrné pohyby oka, hlavy a rychlostní záznamy pro 8 cyklů pohybu.

#### 1) Měření pohybu oční bulvy plazů

Ve výzkumu [13] se sledovaly rotační optokinetické pohyby u plazů. Testování probíhalo třemi způsoby. V prvním z nich se testovalo několik druhů menších plazů. Zvířata byla katapultována vertikálně, aby byla dokázána schopnost otáčet oční bulvou. Některá vybraná zvířata byla fotografována a výsledky dále zpracovány. Ke zkoumání reakcí na „umělý horizont“ byli vybráni kajmani. Ti byli umístěni do boxu, který se mohl naklápět v horizontální poloze. Sledovány byly pohyby oka pomocí malého otvoru. Box byl naklápěn ve všech možných kombinacích náklonu. Ve všech případech však kajman pohyboval okem pouze při náklonu (tedy při zrychlení). Poslední pokus byl prováděn stejně, ovšem kajmani byly testovány po podání roztoku (10%) prokainu.



Obrázek 14.: Ukázka konstrukčního návrhu systému měření použitého ve studii [13]



Obrázek 15.: Ukázka výsledků studia náklonu hlavy ve studii [13]

m) Studium reakcí králíka na pohyb plošiny

Zvířata byla připevněna na dynamickou plošinu, která vykonávala rotační sinusové kmity v horizontální rovině pro experiment [14]. Plošina byla vždy po náklonu navracena do střední pozice a poté zpuštěna. V tomto experimentu se jednalo o pružinový systém, který mohl být synchronizován na běžné frekvence buď výměnou pružiny, nebo přidáním ev. ubráním hmotnosti. Pro měření byl použit potenciometr s vysokou přesností měření a s nekonečným rozlišením. Zvířata byla umístěna do centra své interaurální osy ve svislé ose rotace. Použity byly tři různé vizuální podmínky: (1) zvíře se nacházelo ve tmě, (2) zvíře vidělo a plošina obklopena kontrastním vzorem (střídavé bílé a svislé černé pruhy, dále "harmonická" situace), (3) zvíře vidělo a bylo obklopeno podobným vzorem na kotouči, který byl namontován na pohyblivé platformě.

### 2.2.1 Shrnutí aplikace plošin pro studium pohybu živočichů

Následující tabulka č.1 shrnuje fyzikální charakteristiky pohybu, které byly realizovány během předchozích měření a presentovaných ve vědeckých člancích. Pokud jde o fyzikální charakteristiky, jednalo se o frekvenci sinového průběhu pohybu ( $f$ ), amplitudu pohybu ( $A$ ) tj. rozsah pohybu (peak-to-peak), délku setrvání pozice ( $t_p$ ), celkovou délku pohybu ( $t_r$ ), dobu změny pozice ( $t_z$ ) tj. dobu přechodu z jedné pozice do druhé a velikost maximální úhlové jednostranné výchylky ( $\varphi_{\max}$ ), rychlosti ( $v$ ) a zrychlení ( $a_0$ ).

Tabulka 1: Shrnutí jednotlivých pohybů plošiny pro uvedené experimenty

Zdroj	Rovina pro vyhodnocení pohybu			Parametry pohybu		
	S	F	T	A, a,	f, $t_p$ ,	v, $a_0$ , $t_r$ , $t_z$
[2]	Sin. plyn.	-	-	$A = \pm 20^\circ$	$f = 0,5 \text{ Hz}$	$t_r = \sim 1\text{s}$

3					nebo 1 Hz	nebo $t_r = \sim 0,5s$
	Lich.	-	-	$-20^\circ \leq A \leq +20^\circ,$	$t_p = 3s$	$t_r = \sim 1s$ nebo $t_r = \sim 0,5s$
[3] 4	Lich. přer.	-	-	$a = 6^\circ$	neuveďeno	$v = 40^\circ/s$ $t_r = 3s$
[4] 3	Lich. přer.	-	-	$-20^\circ \leq A \leq +20^\circ,$	$t_p = \sim 2s$	$t_r = \sim 5s$
[5] 4	Rot. přer.	Rot. přer.	Rot. přer.	$a = 6^\circ$	$t_p = 3s$	$v = 40^\circ/s$
	Lin. přer.	-	-	$A = 3\text{ cm}$	$t_p = 270\text{ ms}$	$v = 15\text{ cm/s}$
[6]	-	-	-	-	-	-
2	Lich. přer.	-	-	$A = 40^\circ$	$2\text{ s} \leq t_p \leq 3\text{ s}$	$0,5\text{ s} \leq t_z \leq 0,7\text{ s}$
[7] 2	Sin. plyn.	-	Sin. plyn.		$f = 1\text{ Hz}$	neuveďeno
	Lich. přer.	-	Lich. přer.	$A = 40^\circ$	$2\text{ s} \leq t_p \leq 3\text{ s}$	$0,5\text{ s} \leq t_z \leq 0,7\text{ s}$

[8] 1	-	-	-	-	-	-
[9] 2	Lich. lin. posuvný	-	-	neuveđeno	neuveđeno	$t_r = 0,84 \text{ s}$ $v = 16 \text{ cm/s}$
[10] 2	Sin. řer.	-	-	$a = \pm 1^\circ$ ři 0,5 Hz, $a = \pm 2^\circ$ ři 0,25 Hz	$0,025 \text{ Hz} \leq f \leq 0,5 \text{ Hz}$	$a_0 = 100^\circ/\text{s}^2$
[11] 2	Rot. řer.	-	-	$-30^\circ \leq A \leq +30^\circ$ ,	$f = 0,5 \text{ Hz}$	$5^\circ/\text{s} \leq v \leq 20^\circ/\text{s}$
[12] 2	Rot. řer.	-	-	$\pm 2,55 \leq A \leq \pm 20^\circ$	$f = 0,2 \text{ Hz}$	$5^\circ/\text{s} \leq v \leq 30^\circ/\text{s}$
[13] 2	-	Lin.	-	$-90^\circ \leq A \leq +90^\circ$	neuveđeno	neuveđeno
[14] 2	Sin. řer.			$1^\circ \leq a \leq +25^\circ$	$48 \text{ mHz} \leq f \leq 1,8 \text{ Hz}$	neuveđeno
<p>1 – konstantní poloha plořiny a pohyb cíle sledovaného řivořichem; 2 – pohyb kolem jedné osy ;3 – pohyb kolem dvou os; 4 – pohyb kolem tří os; Sin. – sinusový pohyb; Lich. – lichoběžníkovaný pohyb; Rot. – rotační pohyb; Lin. – lineární pohyb; Plyn. – plynulý pohyb; Řer. – řerušovaný pohyb; F – frontální; S – sagitální; T – transverzální;</p>						

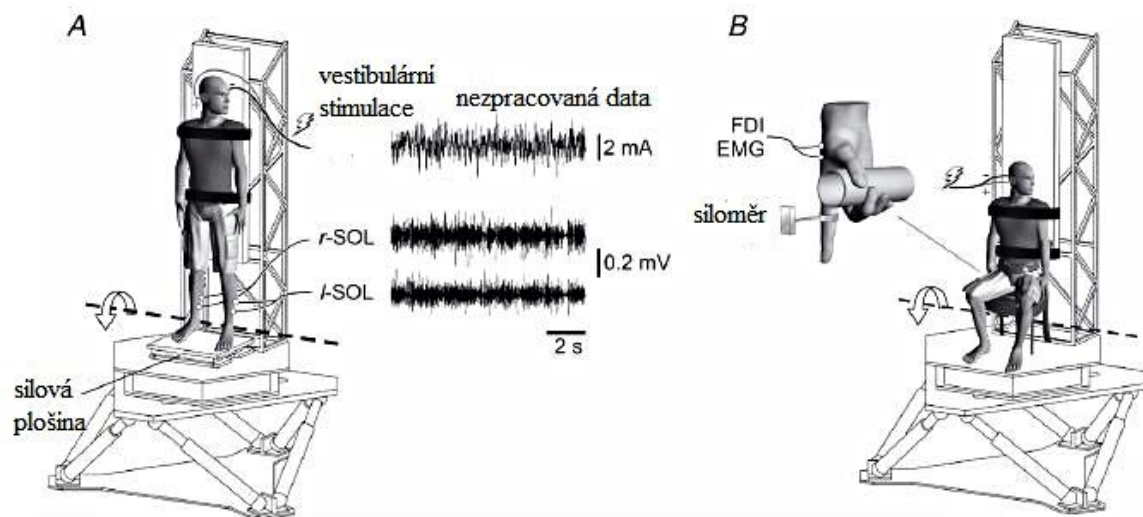
## 2.2.2 Aplikace plošin pro studium pohybu člověka

V této podkapitole zmíním vědecké publikace zabývající se hodnocení pohybu segmentů těla člověka, přičemž metody v publikacích presentované by se mohli využít v mé práci zaměřené na hodnocení pohybu segmentů těla živočichů.

### a) Pozorování způsobů vestibulární stimulace u člověka

Výzkumu [15] s cílem pozorování vestibulární stimulace u lidí se podrobilo dvanáct zdravých dospělých osob s průměrným věkem 27,5 let. Podmínkou byla absence jakékoli neurologické poruchy. Použita byla dynamická plošina – typ 6DOF2000E. Nastavení plošiny bylo pomocí mechanického obráceného kyvadla simulujícího zatížení organismu ve stoji. Pohyb platformy byl řízen systémem (PXI-8196) pracujícím v reálném čase s frekvencí 60 Hz. Tento systém řídil pohyb robotické platformy a způsoboval změnu točivého momentu v hlezenním kloubu sledované osoby na silové plošině. Ta byla připevněna na povrch základny (Obr. 16, A). Časová odchylka mezi stimulem vygenerovaným systémem pro polohu a zrealizaci skutečné polohy plošiny byla 41,4 ms. Obrácené kyvadlo bylo přizpůsobeno fyzickým rozměrům těla sledovaného subjektu. Hmotnost kyvadla byla rozdělena do tří segmentů, které odpovídaly hmotnosti hlavy, trupu, horních končetin, pánve, stehna a bérce. Nahromaděná hmotnost modelu byla použita místo konvenční hmotnosti modelu. Vzdálenost kotníku a centra tíhy kyvadla byla přizpůsobena centru tíhy změřeného u těla každého účastníka experimentu. Virtuální úhel kyvadla byl kalibrován tak, aby reakční odpovědi kotníku subjektu byly stejné, jako při stoji. Tzn., že subjekt musel udržet své tělo ve vertikální poloze, zatímco plošina se nacházela v poloze horizontální. Tato skutečnost je splněna za podmínek, kdy se kyvadlo vychyluje s úhlem 2,9° od vertikální polohy. Pohyblivá plošina rotuje v sagitální rovině okolo osy, která prochází kotníkem. Aby se zajistilo, že subjekt může generovat požadované stabilizační momenty na vyvážení plošiny, byly na pohyb plošiny nastaveny úhlové limity 6° v přední části a 3° v zadní části od svislé pozice. Vzhledem k tomu, že se plošina nakláněla dopředu, subjekt musel zvýšit plantární ohybový moment. Tak došlo ke stabilizaci polohy plošiny i těla a stejným způsobem se musel zvýšit točivý moment kotníku, aby se zabránilo přepadu dopředu při náklonu plošiny. Kotníkové

klouby se přizpůsobují pohybu plošiny a přispívají k celkovému točivému momentu kotníku, který byl vyvinut pro změnu z původní polohy. Pohyblivou plošinu je možno využít i pro observaci kontroly posturálních svalů ruky. Subjekt je usazen na plošině s horními končetinami podél těla a podepřeným hrudníkem (Obr. 16, B). Musí vyrovnávat pohyb plošiny změnou nosného momentu vytvářeného na prvním metacarpophalangeálním kloubu pravé ruky. Moment izometricky vytvářený kontrakcí prvních dorzálních mezikostních svalů (FDI) byl měřen siloměrem umístěným na proximálním meziphalangeálním kloubu nataženého pravého ukazováku. Výstup siloměru byl upraven pro každý subjekt tak, aby při kontrakci FDI a při 10% maximálního „nosného“ momentu se plošina nacházela ve vodorovné poloze.



Obrázek 16: Konstrukce experimentu pro studium [15]

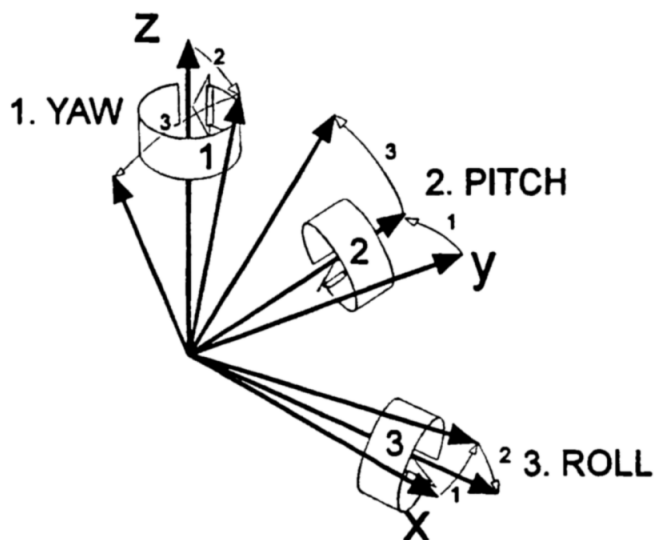


## 2.3 Metody ovládání aktuátorů pohyblivých plošin

V této podkapitole představím metody, jakými mohou být ovládány dynamické plošiny.

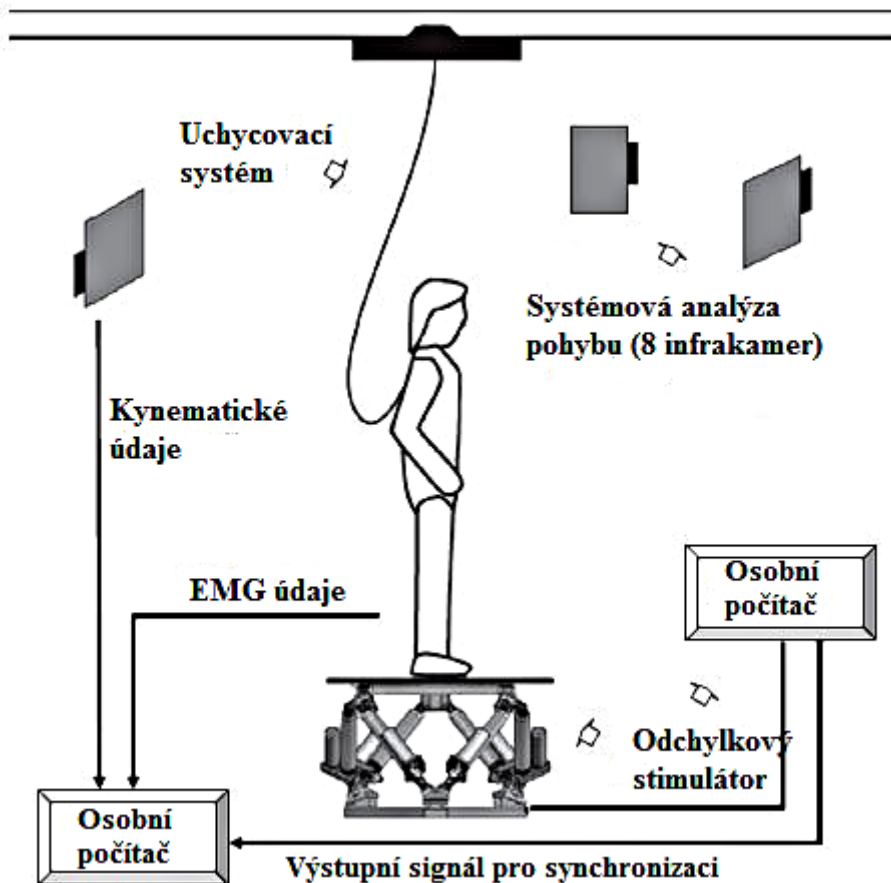
### a) Paralelní roboti – Stewart platform

*Stewart platform* je typ paralelního robota, který zahrnuje šest posuvných ovladačů, z pravidla na principu hydraulických zvedáků. Tyto pohony jsou umístěny v párech na základně mechanizmu přechodu přes tři montážní body na horní desce. Zařízení umístěné na horní desce se může pohybovat v šesti stupních volnosti, ve kterých se může odpružené těleso volně pohybovat. Vznikají tedy tři lineární pohyby ve směru os  $x$ ,  $y$ ,  $z$  (boční, podélná a vertikální), a tři rotace – yaw, pitch, roll. [16]



Obrázek 17.: Tři druhy rotace (yaw, pitch a roll) [16]

Tento typ ovládání byl použit ve výzkumu [17]. Design experimentu naleznete na obrázku 19, kde je znázorněno řízení paralelními roboty, ale i systém záznamu EKG, upevnění člověka na plošinu a záznamové kamery.



Obrázek 18: Konstrukce pro určení stabilometrie člověka pomocí dynamické plošiny ovládané paralelními roboty, převzato z [17]

b) Dynamická plošina s krokovým motorem

*Krokový motor* je točivý stroj umožňující přesný úhlový pohyb. Pohyb rotoru krokového motoru je při nízkých rychlostech nespojitý, rotor se pohybuje mezi stabilními polohami vždy v určitém úhlu – jedná se o pohyb v krocích. Počet kroků (stabilních klidových poloh) je dán počtem pólových dvojic, rovněž může být ovlivněn způsobem

ovládání. K pohybu tohoto motoru je vždy třeba řídicí elektronika – ovladač krokového motoru. K mechanickému kontaktu a tudíž otěru nedochází u krokových motorů jinde než v ložiscích. [18]

c) Vibrační metoda - Microrobotic Platform

Vibrační motory mechanickým kmitacím pohybem uvádí do pohybu vibrační zařízení, k němuž je motor připevněn. Tím dochází ke kmitání tělesa, popřípadě hmoty s určitou amplitudou a frekvencí.

Vibrační generátor byl ve výzkumu [19] připevněn na achillovu šlachu. Cílem bylo zjistit, jestli účinnost propioceptivních vstupů z dolních končetin je v procese udržování postoje u pacientů s jednostrannou hypofunkcí vestibulárního aparátu modifikována.

Princip metody vyšetření pacientů s jednostranným periferním vestibulárním deficitem byl následující. Jako kontrolní skupina bylo vyšetřeno i několik zdravých pacientů. Při vyšetření stál subjekt se zavřenýma očima 50 sekund na platformě stabilometru 450x450 mm, pomocí kterého se snímaly výchylky oporné síly subjektu. Stabilometr se skládal ze tří snímačů a mechanismu pro autorskou korekci subjektu. Jeho dva analogové výstupní signály pro boční a předozadní výchylky se konvertovaly frekvencí 41 Hz do číslicové formy a ukládaly v PC 286/AT. Na monitoru se zobrazovaly tyto snímané výchylky. Proprioceptivní stimulaci představovala 20 s trvající vibrace Achillové šlachy aplikovanou jednostranně 10 s po začátku záznamu, při frekvenci 100 Hz a její amplituda 1mm. Jako vibrátor byl použit malý jednosměrný motor s axcentrem, který byl připevněn na šlachu elastickou páskou.

## **2.4 Závěr kapitoly**

Z přehledu je zřejmé, že v současné době existuje dynamická plošina, která umožňuje měřit pohybové reakce na náklon dynamické plošiny člověka a menších savců – např. kočky domácí a králíka domácího. Zařízení s pohyblivou plošinou k vyvolání kompenzačních

pohybů hlavy menších plazů – popisováno ve výzkumu [10] – umožňuje měřit kompenzační pohyby pouze v horizontální poloze. Ve výzkumu bylo použito podobné zařízení, které rotovalo pouze v horizontální rovině. Tedy měření pro malé živočichy (menší než 10 cm) bylo prováděno vždy v jedné rovině. V současnosti neexistuje zařízení, které by umožňovalo měřit odezvu na pohyb plošiny kolem všech tří os.

### **3 Návrh dynamické plošiny pro studium pohybu živočichů**

V této kapitole je popsán návrh systému, který umožňuje kontinuální sledování malých plazů pohybujících se na plošině, a zároveň umožňuje pohyb systému v rámci tří os. Návrh vznikl ve spolupráci s FN Motol a PřF UK.

#### **3.1 Návrh konstrukčního řešení**

Konstrukční řešení systému vhodného pro studium pohybu živočichů na dynamické plošině bylo navrženo následujícím způsobem. Celý systém je složen z podsystemů:

- Pohyblivá plošina
- aktuátorová jednotka
- kamerový systém (IMU), který je umístěn na plošině,
- plastový box, ve kterém je umístěn měřený živočich,
- PC, přes který je ovládán pohyb plošiny

Řídicí a sběrová jednotka je připojena k počítači pomocí datového kabelu ke zpracování a stanovení hodnot změny polohy plošiny v prostoru i tří anatomických úhlů určujících orientaci segmentu těla měřeného živočicha.

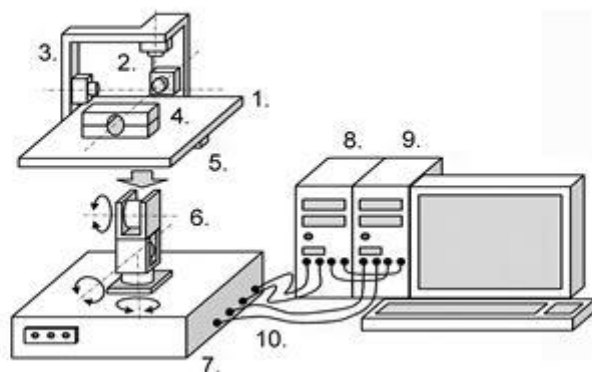
Pohyblivá plošina se skládá z hliníkového plechu. Optimální rozměry 20 x 20 cm se potvrdily na základě realizace měření pohybu žab v experimentech [10] a [11]. Povrch plochy plošiny je pokryt fixačním materiálem – suchým zipem. Na ten je připevněn plastový box také opatřen suchým zipem na spodní straně své základny. Druhá možnost řešení uchycení je pomocí magnetů. Spodní část plastového ohradníku je v tomto případě opatřena magnety. Dynamická plošina přitom disponuje kovovou destičkou. Oba zmiňované způsoby zachycení umožňují manuální přesun boxu v němž je umístěn pozorovaný živočich. Tato změna umístění boxu a tím i živočicha je realizována tak, aby jeho hlavová část byla nastavena do ohniska objektivů kamerového podsystemu. Rozměry boxu jsou vhodně přizpůsobeny velikosti měřeného živočicha. Plášť stacionární základny je doplněn gumovou a silikonovou izolací. Ta chrání a eliminuje případnou vlhkost a únik tekutin, které se mohou do systému dostat při kontaktu plošiny s živým organismem (měřeným subjektem).

Pohyb plošiny je realizován pomocí aktuátorové jednotky umožňující náklon ve všech třech rovinách. Pomocí počítačové techniky je posílán příkaz do jednotky řízení a sběru dat. Ta je umístěna v kompaktní stacionární základně nesoucí aktuátorovou jednotku propojenou s dynamickou plošinou. Pohyb kolem tří os je umožněn motorovým podsystemem vybaveným třemi motory pohybuujícími. Tyto elektromotory představují tři hybridní 2-fázové krokové motory (typu 603TH88) s krokem  $1,8^\circ$  a vytvářejí točivé momenty o 3 Nm. Motory jsou zapojeny bipolárně sériově a jsou umístěny ve třech na sebe kolmých rovinách. Řízeny jsou v režimu mikrokrokování – 128 mikrokroků/krok. Toto jemné mikrokrokování snižuje nežádoucí kmity plošiny. Tři úhly naklápění a rotace plošiny jsou dosahovány s přesností jednoho kroku, který je roven  $0,02^\circ$ . Omezení pohybu motorů výše zmíněné jednotky tři elektromotorů je nastaveno na  $60^\circ$ . Dále je zařízení vybaveno gyro-akcelerometry. Ty jsou nezbytné pro určení orientace plošiny v prostoru. System umožňuje úhlovou rychlost lineárního a sinusového průběhu úhlového pohybu alespoň  $5^\circ/\text{s}$ . U výrazně nízké rychlosti nebyla zaznamenávána odezva [9]. Při příliš vysoké reakci, dochází k nežádoucím odezvám způsobeným vysokým zrychlením při uvádění do pohybu a nárazem na konci pohybu [10].

Držák kamer umožňuje nastavení společného ohniska všech kamer. To umožňuje co nejpresnější nastavení kamery pro kvalitní záznam pohybu markerů. Všechny kamery mohou být posouvány v rozsahu kolem 80 mm po trajektorii tvořené průsečíkem transverzální a sagitální roviny. Kameru sagitální roviny je možné posouvat v rozsahu alespoň 50 mm, kameru transverzální roviny v rozsahu až do 100 mm. Kamerový system je umístěn přímo na

plošině, což umožňuje přesný záznam pohybů segmentů těla měřeného subjektu vůči sobě navzájem, a skládá se ze tří na sebe kolmých kamer. Tyto kamery poskytují záznam pohybu markerů ze všech tří anatomických rovin. K vyhodnocení úhlů v prostoru slouží přesná detekce markerů – vhodně umístěných na měřeném subjektu. Pro měření odezvy hlavy na náklon je toto umístění na hlavě měřeného subjektu a umožňuje detekci ve třech anatomických rovinách – frontální, sagitální a transverzální. Všechny kamery umožňují nastavení takové, aby byl možný co nejpřesnější záznam polohy markerů.

Na samotné měření a chování živočichů mají vliv i samotné podmínky měření, jako je způsob osvětlení a - především pro studenokrevné živočichy - teplota. Proto je plošina také vybavena teplotním čidlem s možností regulovaného ohřevu. Ideální teplota udržovaná při měření studenokrevných živočichů se pohybuje v rozmezí 22,5 – 25 °C, kdy při měření s exotickými druhy je vhodné teplotu mírně zvýšit [10] [11] . Pokud je tato teplota příliš nízká, nervová soustava živočicha reaguje na podněty pomaleji a s nižší intenzitou. Vysoké teploty podněcují v případě plazů a obojživelníků k přílišné aktivitě. Na držáku kamery je umístěn pásek skládající se z LED světél. Tím je možné upravit světelné podmínky a dosáhnout maximálního kontrastu markerů. Osvětlení scény má dopad na počet snímků za sekundu (fps). Obecně platí: více světla = více snímků za sekundu. Vzhledem k tomu, že je zaznamenáváno třemi kamerami, cílem je maximálně synchronizovat aparáty tak, aby všechny kamery zaznamenávaly se stejným fps. V takovém případě každá kamera zaznamenává stejný počet snímků během jednoho cyklu měření. Toho však přesně nelze dosáhnout. Dvě kamery vždy zachycují menší počet snímků. Proto je třeba chybějící snímky natáhnout a zaplnit mezery duplikáty z předchozích snímků.



Obrázek 19: Schéma systému pro měření pohybového pohybu drobných živočichů; 1. Pohyblivá plošina, 2. Kamerový podsystém, 3. Držák kamer, 4. Držák malých živočichů, 5. IMU, 6. Aktuátorová jednotka, 7. Jednotka řízení a sběru dat, 8. PC návrhu pohybu plošiny, 9. PC zpracování dat a určení úhlů pohybu, 10. Datové kabely propojení PCs a jednotky řízení a sběru dat. Metodika měření a měřené subjekty [20]

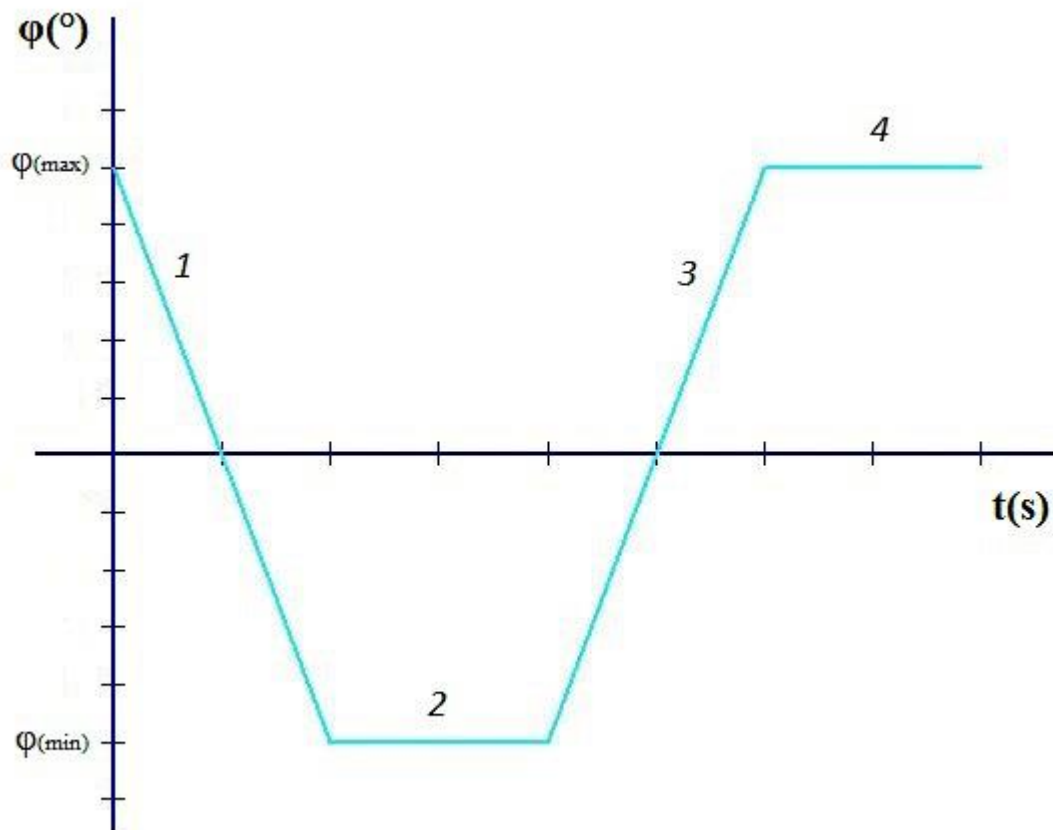
### 3.2 Volba a návrh pohybových vzorců 1-D pohybu

V souladu s rešerší bude pro experimenty preferován rotační (lichoběžníkový) a sinusový průběh úhlového pohybu. Návrh pro průběh pohybu vychází z fyzikálního vztahu pro velikost úhlu natočení při konstantní úhlové rychlosti:

$$\varphi = \omega \cdot t \quad (1)$$

kde ve vztahu  $\varphi$  představuje změnu úhlu ( $^{\circ}$ ), který reprezentuje změnu polohy plošiny v čase,  $\omega$  úhlovou rychlost ( $^{\circ}/s$ ) a  $t$  čas (s).

Na obrázku 20 je znázorněn pohyb plošiny pro jednu periodu. Tato perioda se skládá ze 4 částí. Sestupné, vzestupné a dvou fází, kdy plošina stojí v maximálním náklonu. Jednotlivé části průběhu úhlového pohybu jsou definovány vztahy 3-6:



Obrázek 20.: Schéma návrhu lineárního průběhu úhlového pohybu plošiny

$$\varphi = f(t) \quad (2)$$

$$\varphi_1 = \varphi(\max) - \omega \cdot t \quad (3)$$

$$\varphi_2 = \varphi(\min) \quad (4)$$

$$\varphi_3 = \varphi(\min) + \omega \cdot t \quad (5)$$

$$\varphi_4 = \varphi(\max) \quad (6)$$



, kde  $\omega$  představuje úhlovou rychlost ( $^{\circ}/s$ ),  $t$  čas (s) a  $\varphi_{(max)}$  maximální úhel ( $^{\circ}$ ) náklonu v kladném smyslu,  $\varphi_{(min)}$  maximální úhel ( $^{\circ}$ ) ve smyslu záporném. Zároveň platí:

$$\varphi_{(max)} = | - \varphi_{(min)} | \quad (7)$$

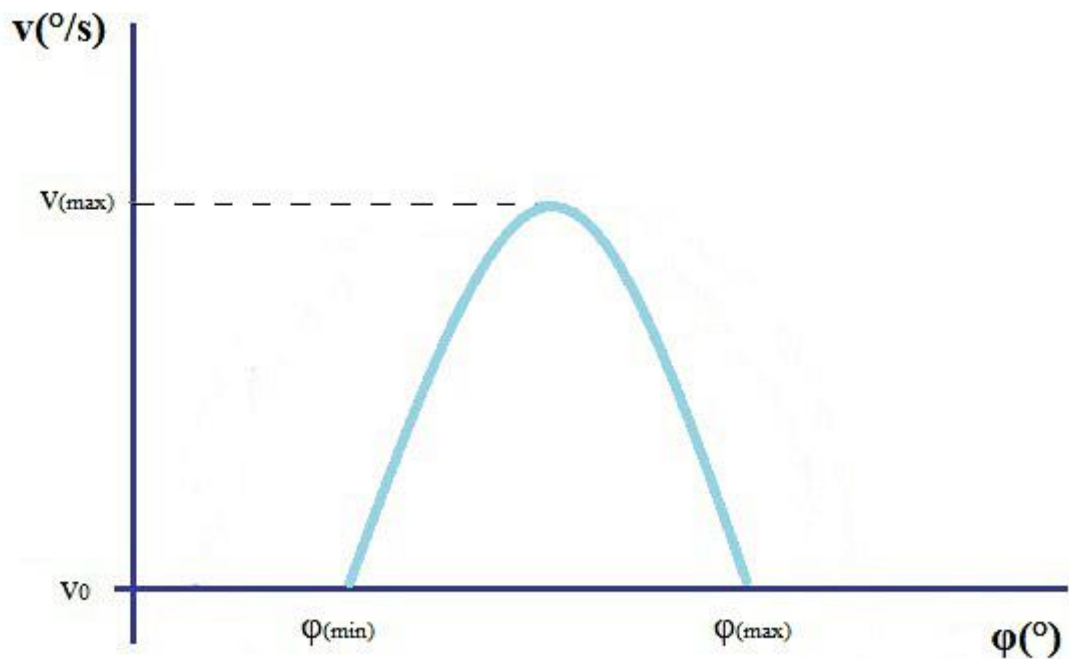
Pro sinusový průběh úhlového pohybu je definována změna rychlosti v závislosti na výchylce plošiny podle vzorců 9-10 a trajektorie pohybu plošiny vztahem 11:

$$\omega = f(\varphi) \quad (8)$$

$$f = \frac{\pi}{|\varphi_{(max)} - \varphi_{(min)}|} \quad (9)$$

$$\omega = \omega_0 \cdot \sin(f \cdot \varphi) \quad (10)$$

, kde  $\omega$  je aktuální úhlová rychlost,  $\omega_0$  počáteční úhlová rychlost,  $f$  je úhlová frekvence.

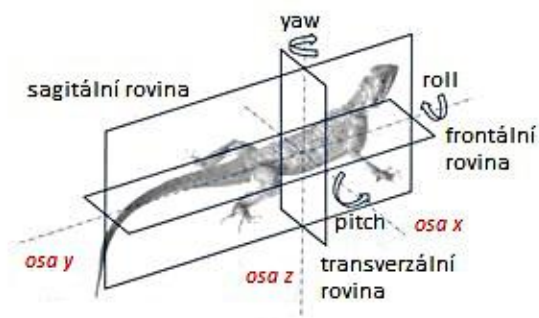


Obrázek 21.: Schéma změny rychlosti v závislosti na úhlu vychýlení pro sinusový pohyb

$$\Delta\varphi = \int_{t_1}^{t_2} \omega(t). dt \quad (11)$$

,  $\Delta\varphi$  je změna úhlu pohybu plošiny v čase  $\Delta t$  ( $\Delta t = t_2 - t_1$ ),  $v$  je aktuální rychlost,  $t_1$  počáteční čas,  $t_2$  koncový čas.

Uvedené druhy pohybu mohou být aplikovány pro osy x, y, z, kolem kterých bude probíhat rotace, tedy ve smyslu změny úhlů segmentů těla měřeného subjektu ve frontální, sagitální či transverzální rovině.



Obrázek 22.: Schéma souřadného systému těla živočicha [20]

### 3.3 Volba a návrh pohybových vzorců 2-D a 3-D pohybu

V menším počtu provedených experimentů zjištěných řešerší docházelo i k pohybu plošiny ve více rovinách. V takových případech byl vždy tento pohyb pro jednotlivé roviny oddělený, tj. navzájem nezávislý. Jednalo se o lineární průběh či sinusový průběh pohybu v každé ose. Návrh kombinovaného 2-D pohybu tvoří dva lineární průběhy úhlového pohybu, tedy rotace dvou os najednou, při kterých dochází k náklonu měřeného subjektu ve frontální a sagitální anatomické rovině. Pohybové rovnice pro tento pohyb odpovídají rovnicím 1-D pohybu, kde úhlová rychlost  $\omega$  představuje vektor o dvou složkách  $[\omega_x, \omega_y]$ , nebo  $[\omega_z, \omega_y]$ , nebo  $[\omega_x, \omega_z]$ ,  $\omega_x$  je složka ve směru osy x,  $\omega_y$  je složka ve směru osy y,  $\omega_z$  je složka ve směru osy z. Kombinovaný pohyb v 3-D prostoru je složen z rotací plošiny kolem všech tří os. V takovém případě je úhlová rychlost  $\omega$  reprezentována třísložkovým vektorem  $[\omega_x, \omega_y, \omega_z]$ . Pohyb může být vzájemně nezávislý, a tudíž i časové okamžiky začátků pohybů odlišné.

### 3.4 Závěr kapitoly

Vhodný průběh úhlového pohybu je rotační (lichoběžníkový) a sinusový. Charakter obou typů průběhu úhlového pohybu je popsán v rovnicích uvedených v této kapitole. Pohyb může být v souladu s požadavky na testování realizován pouze kolem jedné z os, nebo kombinovaně kolem dvou či tří os najednou. Počet os, kolem kterých má smysl natáčet plošinu, se odvíjí od typů rotací („pitch“, „roll“, „yaw“), které je schopen zkoumaný segment těla vykonat. Pro zkoumání změny polohy segmentu těla měřeného živočicha v rámci dané roviny, tj. rotace kolem dané osy, je vhodné použít rotaci plošiny kolem té samé osy. Vycházíme-li ze zavedeného souřadného systému (Obr. 20), pro zkoumání rotace „pitch“ segmentu těla je vhodná rotace plošiny kolem osy x. Pro zkoumání rotace „roll“ segmentu těla je vhodná rotace plošiny kolem osy y. Pro zkoumání rotace „yaw“ segmentu těla je vhodná rotace plošiny kolem osy z. Pokud segment těla umožňuje rotaci kolem dvou nebo všech os anatomického souřadného systému a zároveň pro charakter vyžadovaných výstupů je má cenu zkoumat, je vhodné použití rotace plošiny kolem dvou či tří os jak nezávisle na sobě, tak i kombinovaně.

# Experimentální část

---

## 4 Experimentální část

Navržený systém umožňuje měřit a vyhodnocovat komplexní pohyby segmentů těla při pohybu plošiny v rámci 3-D prostoru. Pro samotné měření je vzhledem k požadovaným výstupům testování použita rotace plošiny pouze kolem jedné osy. Tento pohyb je realizován kolem osy  $x$ , tedy ve směru náklonu sagitální roviny měřeného subjektu. Chování subjektu je snímáno všemi třemi kamerami. Změna polohy hlavy je snímána v rámci sagitální, frontální i transverzální roviny. Důležitá odezva na pohyb plošiny nastává ve stejné ose, kolem které je realizována rotace plošiny. Ve videích je proto sledován pohyb markerů pouze v sagitální rovině a zpracované výsledky tuto pohybovou odezvu měřeného subjektu na pohyb plošiny blíže popisují. Všechny výsledky jsou zpracovány v prostředí MatLab.

### 4.1 Volba měřených živočichů

Před samotným měřením jsme nejprve provedli pokusné měření. K tomu jsme měli k dispozici dvě samice gekončíka nočního (*Eublepharis macularius*). Pomocí těchto dvou subjektů jsme experimentálně zjišťovali, jakým způsobem bude nejvhodnější samotné měření zrealizovat. Důležité při tomto pokusném měření bylo především otestovat navrhnuté metodiky měření:

- uchycení živočicha a připevnění boxu na plošinu
- označení živočicha markery
- nastavení podmínek měření (osvětlení, teplota, atp.)
- záznam a ukládání záznamu
- zpracování obrazových dat
- zpracování kinematických dat

Během tohoto testování jsme měli možnost prověření funkčnosti celého systému včetně softwaru.

Tabulka 2.: Přehled měřených žab

Druh (latinský název)	Druh (český název)	Počet testovaných jedinců
<i>Bombina bombina</i>	kuňka obecná	2
<i>Bombina variegata</i>	kuňka žlutobřichá	2
<i>Bufo bufo</i>	ropucha obecná	27
<i>Bufo melanostictus</i>	ropucha zelenobřichá	1
<i>Bufo regularis</i>	ropucha levhartí	4
<i>Caloula pulchra</i>	parosnička nádherná	2
<i>Cassina maculata</i>	rákosnička červenonohá	2
<i>Dendrobates auratus</i>	pralesnička batiková	2
<i>Dendrobates leucomelas</i>	pralesnička harlekýn	2
<i>Dendrobates tinctorius</i>	pralesnička barvířská	2
<i>Dyscophus guineti</i>	prarosenička srdíčková	2
<i>Epipedobates Anthonyi</i>	pralesnička Anthonyova	2
<i>Hyla arborea</i>	rosnička stromová	2
<i>Hyla cinerea</i>	rosnička bělopruhá	1
<i>Hyperolius mitchelli</i>	rákosnička mramorovaná	2
<i>Leptopelis aubryi</i>	rákosnička gabunská	1
<i>Leptopelis vermiculatus</i>	rákosnička žilkovaná	2
<i>Osteopylus septentrionalis</i>	rosnička kubánská	2
<i>Pedostibes hosii</i>	ropucha stromová	1
<i>Pelobates fuscus</i>	blatnice skvrnitá	1
<i>Phrynomerus bifasciatus</i>	frynoméra dvoupruhá	2
<i>Phrynomerus microps</i>	frynoméra malooká	2
<i>Phyllobates ditattis</i>	pralesnička hadí	2
<i>Phyllobates terribilis</i>	pralesnička strašná	2
<i>Polypedates leucomystax</i>	létavka obecná	2
<i>Pyxicephalus edulis</i>	hrabatka jedlá	2
<i>Rana dalmatina</i>	skokan štíhlý	2
<i>Rana erythraea</i>	skokan červenouchý	2
<i>Rana temporaria</i>	skokan hnědý	2
<i>Rhinella marina</i>	ropucha obrovská	2
<i>Theلودerma corticale</i>	drsnokožka kornatá	2
<i>Trachycephalus resinifictrix</i>	rosnička včelí	2

Ve druhé kroku jsme se zaměřili na měření žab. Měření je prováděno na základě požadavku o spolupráci Přírodovědeckou fakultou UK (as. MUDr. Rudolf Černý, CSc.). Fakulta poskytla k měření následující druhy žab viz. tabulka č. 2.

## 4.2 Volba metodiky upevnění živočichů

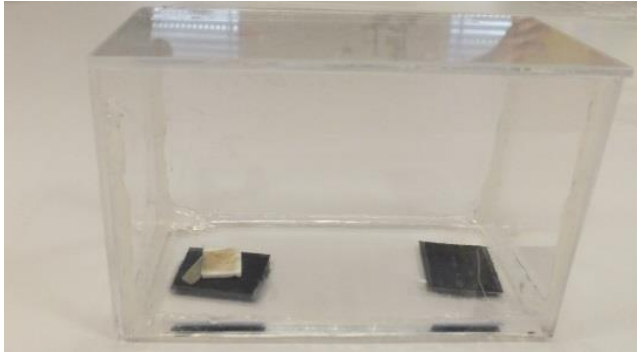
Umístění živočicha je vždy takové, aby hlavní osy plošiny byly shodné se třemi osami těla živočicha. Subjekty jsme umístili do polystyrenového „tunelu“, který zajistil udržení zvířete ve správné poloze. Zároveň ho však omezoval i v žádaném kompenzačním pohybu, tedy reakci na náklon. Stísněný prostor také způsobil stres, který indikoval nepřírozené reakce. Další nevýhodou tohoto systému je jeho funkčnost pro pouze velmi malou škálu živočichů.



Obrázek 23.: Polystyrenový tunel

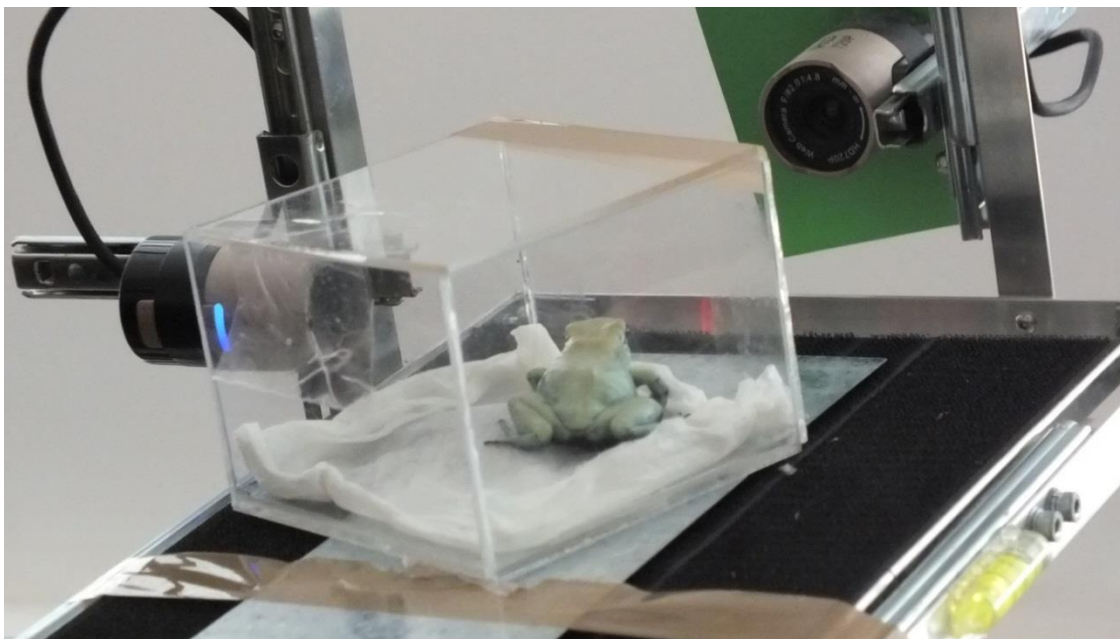
Druhou variantu představovalo umístění měřeného subjektu do plastového ohradníku, jehož rozměry byly adekvátně přizpůsobeny velikosti zvířete. Tato metoda je pro měření gekončků i žab vhodnější, proto jsme se rozhodli zvolit tuto variantu.



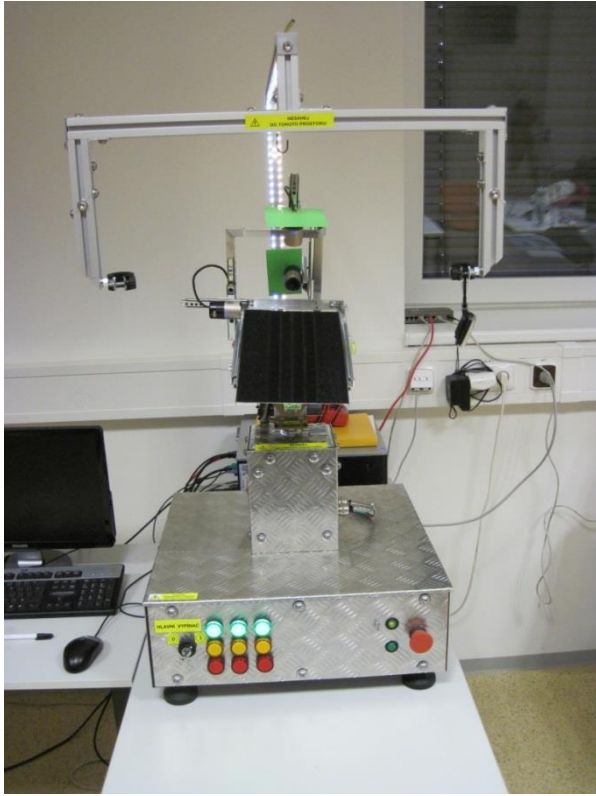


Obrázek 24.: Plastový ohradník

Uvnitř boxu se nachází brusný papír, který při náklonu zvířete brání podkluzování. Jeho použití není nevyhnutelné a pro měření některých druhů žab jsme ho nepoužili. V takovém případě jsme na dno boxu položili papírový ubrousek.



Obrázek 25.: Měřený subjekt v boxu přichyceném pomocí magnetů na plošinu, která se nachází v maximálním úhlu náklonu



Obrázek 26.: Měřicí systém reálná fotografie

#### 4.2.1 Použité parametry pohybu plošiny pro měření pohybů živočicha

Plošina byla řízena přes PC umožňujícím nastavit rychlosti a maximální úhly náklonu a dosazení těchto parametrů do pohybových vzorců.

a) Lineární průběh pohybu vyšší rychlost

$$\varphi_1 = -5 \cdot t + 23,4 \quad (17)$$

$$\varphi_2 = -23,4 \quad (18)$$

$$\varphi_3 = 5 \cdot t - 23,4 \quad (19)$$

$$\varphi_4 = 23,4 \quad (20)$$

, kde se jedná o dosazení do rovnic 3-6, rychlost  $v = 5^\circ/\text{s}$ ,  $\varphi_{(\min)} = -23,4^\circ$ ,  $\varphi_{(\max)} = 23,4^\circ$ .

b) Lineární průběh pohybu nižší rychlost

$$\varphi_1 = -2,5 \cdot t + 23,4 \quad (21)$$

$$\varphi_2 = -23,4 \quad (22)$$

$$\varphi_3 = 2,5 \cdot t - 23,4 \quad (23)$$

$$\varphi_4 = 23,4 \quad (24)$$

, kde se jedná o dosazení do rovnic 3-6, rychlost  $v = 2,5^\circ/\text{s}$ ,  $\varphi_{(\min)} = -23,4^\circ$ ,  $\varphi_{(\max)} = 23,4^\circ$ .

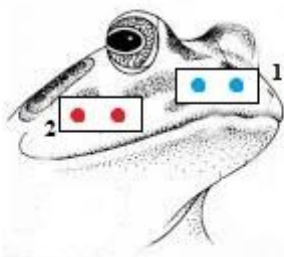
c) Sinusový průběh pohybu

$$v = 2,5 \cdot \sin\left(\frac{\pi}{46,8} \cdot \varphi\right) \quad (25)$$

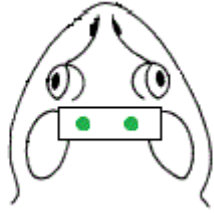
, kde se jedná o dosazení do rovnice 10, kde počáteční rychlost  $v_0 = 2,5^\circ/\text{s}$ , úhlová frekvence  $f = \pi/46,8$ .

#### 4.3 Záznam pohybu živočichů jakožto odezvy na zvolené pohyby plošiny

Úhly – mediolaterální flexi, dorzoventrální flexi a rotaci hlavy – je možné měřit vhodným umístěním markerů na hlavu živočicha. V případě žab i gekončků bylo umístění markerů následující: pro měření frontální roviny na přední část hlavy – okolí nosu, pro měření transverzální roviny jsme značku umisťovaly na horní část hlavy a pro měření sagitální roviny na boční část hlavy.



Obrázek 27.: Modelové umístění markerů pro detekci frontální (1) a sagitální (2) roviny



**Obrázek 28.: Modelové umístění markerů pro detekci transversální roviny**

Značky jsme nejprve tvořili z oboustranné lepicí pásky a papírku, na kterém byly fixem dokresleny dvě tečky. Tento typ značek však ndržel na vlhké kůži dobře.



**Obrázek 29.: Měřený subjekt s markerem pro hodnocení pohybu hlavy v sagitální rovině**

Rozhodli jsme se tedy použít dětské prstové barvy, které jsou netoxické. Těmito barvami je pomocí štětečku namalován bílý podklad a na něj dvě tečky v kontrastní barvě - červené, modré nebo zelené.

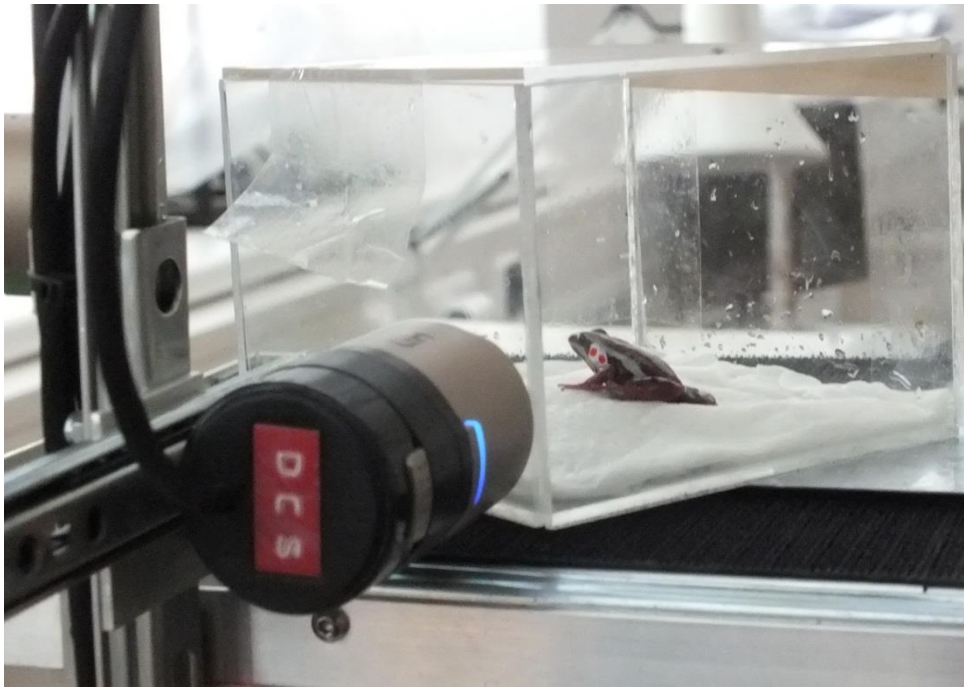


**Obrázek 30.: Dětské prstové barvy pro nanesení kontrastních značek**

Pohyb je zaznamenáván kamerami typu Defender G-lens 2577 HD720P s HD rozlišením 720p, digitálním zoomem 10x, a vhodnou ohniskovou vzdáleností ostření již od 3 cm do nekonečna. Použité rozlišení kamery není velmi vysoké - 320x240 pixelů - z důvodu urychlení procesu ukládání dat. Úhel pohledu kamery je 56°, což umožňuje záběr velké části těla drobného živočicha v konkrétní anatomické rovině [20].



**Obrázek 31.: Subjekt před měřením umístěný v boxu připevněném na plošinu**



Obrázek 32.: Měřený subjekt při snímání kamerou během pohybu plošiny

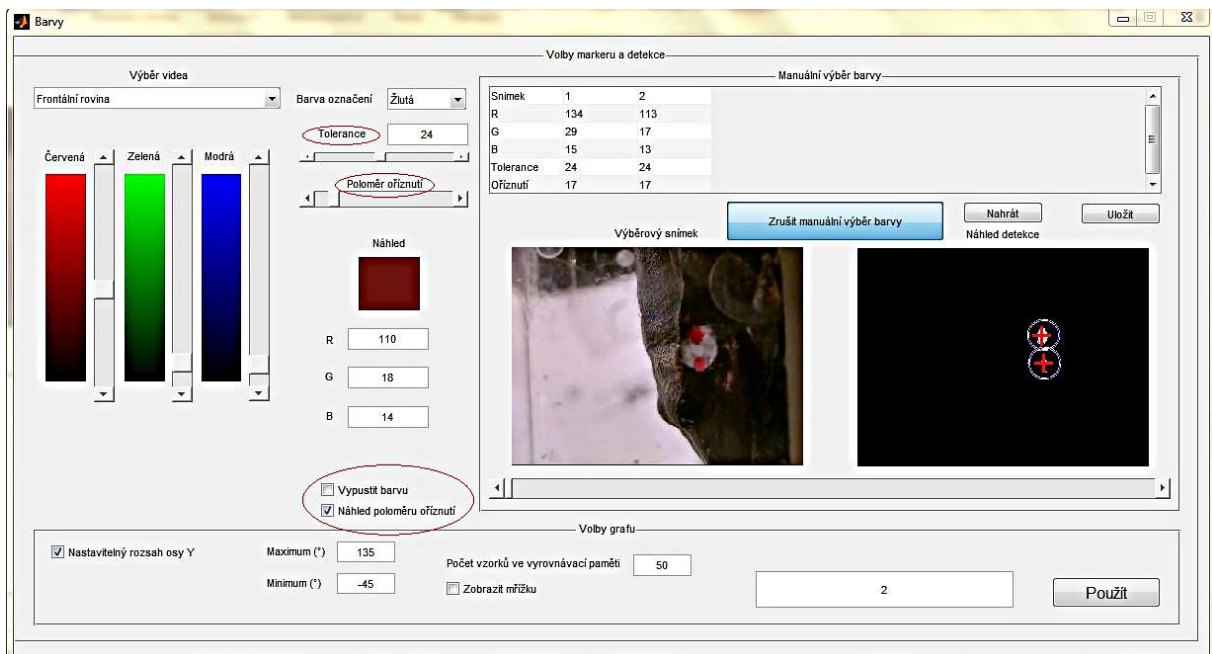
#### 4.3.1 Detekce markerů na videu pomocí prostředí MatLab GUI

Pro určení polohy úhlu hlavy v čase je důležitá správná detekce polohy markerů. Ta je založena na detekci kontrastní barvy značek (Obr. 33, červené křížky). Přesný odstín a sytost barvy se však v čase mění například vlivem dopadajícího stínu, odlesků apod. Může tedy dojít ke dvěma nežádoucím situacím. První z nich představuje ztrátu detekce, kdy není do záznamu načítán žádný úhel. Druhý problém představuje samovolné označení jiného bodu, kdy je do záznamu načítán úhel zcela odlišný. Tyto problémy je třeba řešit manuálně postupným procházením videí v programu a kontrolou označených bodů. Konkrétní řešení těchto problémů spočívá ve změně nastavení intenzity barev, nebo možné volbě manuálního výběru, při kterém je v záznamu kurzorem označen správný odstín.

V rámci vývoje byly pro snazší manipulaci po provedení pokusného měření dodány pomocné prvky - možnost nastavení tolerance a poloměru oříznutí. Při zvýšení tolerance program vybírá ve větší škále barevných odstínů. Hlídaný poloměr oříznutí napomáhá tomu,

aby byly vyhledávány body pouze v rámci kružnice o zvoleném poloměru a nedošlo k detekci zcela jiného bodu.

Při měření s živými subjekty také dochází k nežádoucímu chování a pohybům, které nesouvisí se sledovanou kompenzací. Pro tyto situace program umožňuje zvolit možnost *vypustit barvu*. V takovém případě není do záznamu načítán úhel žádný. Pokud se nejedná o příliš dlouhý časový úsek, jsou tato vynechaná data nahrazována vhodnou interpolací.



Obrázek 33.: Prostředí MatLab - určení úhlu polohy hlavy v prostoru



### 4.3.2 Výpočet anatomických úhlů pohybu

Výpočet úhlů je ze dvou os – anatomické a fyzikální. Anatomická osa je určena dvěma markery. Fyzikální osa je definována natočením kamery, která je rovnoběžná s hlavní osou plošiny. Vztah pro úhel  $\phi$  mezi anatomickou osou a horizontálou snímku je dán vztahem (12):

$$\phi = \arccos \frac{u \cdot v}{|u||v|} \quad (12)$$

Vektor  $u$  reprezentuje koordináty bodů určených na snímku automaticky pomocí `sw`, který byl vytvořen v prostředí MatLab,  $u = (ax - bx, ay - by)$ , přičemž  $ax$  a  $bx$  jsou koordináty dvou bodů/markerů na ose  $x$  a  $ay$  a  $by$  jsou koordináty dvou bodů/markerů na ose  $y$  snímku z jedné kamery. Vektor  $v$  je dán postavením kamery v souladu s osami plošiny,  $v = (1,0)$ . [20]

## 4.4 Zpracování výsledků v prostředí MatLab

Výstupy z kamerových záznamů a počítače tvoří nahrávky, kde je možné sledovat pohyb markerů v čase, a záznamy o pohybu plošiny. Tato data se následovně zpracovávají v programu, který je vytvořen v prostředí MatLab. Program obsahuje data uvedená v tabulce č. 3 a postupně umožňuje načíst soubory s hodnotami pro pohyb plošiny a změnu polohy markerů, vykreslit je do grafu a interpolovat vynechané hodnoty. Dále data roztřídí na jednotlivé periody.

Tabulka 3.: Přehled použitých příkazů v programu

Příkaz	Funkce příkazu
uigetfile	Vyvolání dialogového boxu pro volbu souboru
importdata	Nahrání dat ze souboru
interp1	1-D interpolace dat
mean	Výběr průměrné nebo střední hodnoty pole
max	Výběr největších hodnot
min	Výběr nejmenších hodnot
find	Nalezení indexů a hodnot nenulových elementů
plot	2-D vykreslení
fprintf	Zápis dat do textového souboru
saveas	Ukládání obrázku v zadaném formátu

V těchto periodách program určí a vypočítá hodnoty veličin uvedených v tabulce č. 4

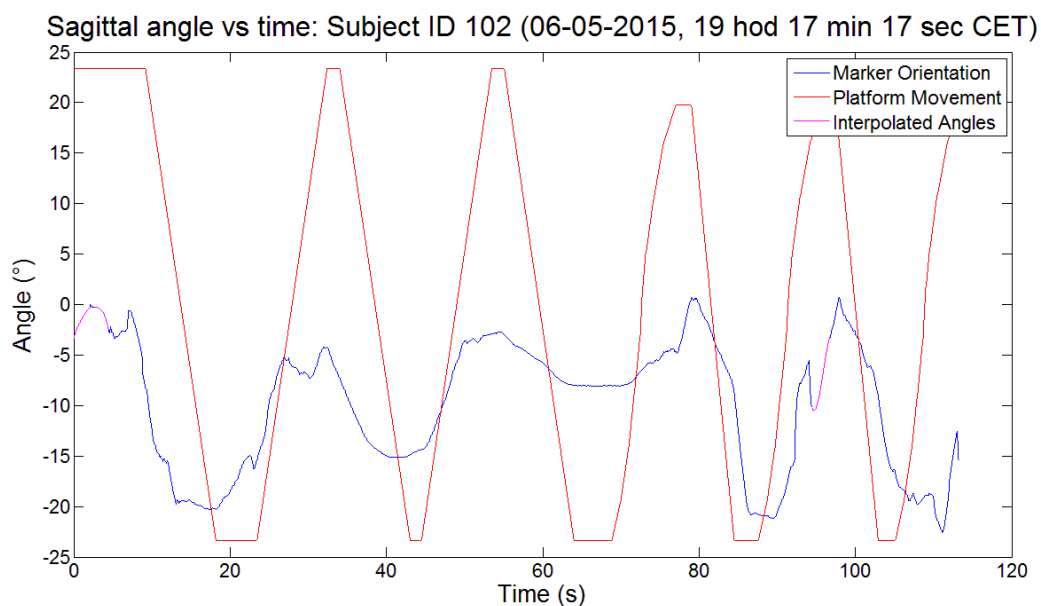
Tabulka 4.: Přehled programem vypočtených veličin

Značka veličiny	Název veličiny
$\Delta_{1A}$	Delta 1A
$\Delta_{2A}$	Delta 2A
$\Delta_{1B}$	Delta 1B
$\Delta_{2B}$	Delta 2B
$\max_A$	Maximum 1
$\max_B$	Maximum 2
$\Omega_{1A}$	Omega 1A
$\Omega_{2A}$	Omega 2A
$\Omega_{1B}$	Omega 1B
$\Omega_{2B}$	Omega 2B
$ROM_A$	Rozsah pohybu 1
$ROM_B$	Rozsah pohybu 2
Délka trajektorie Zvire a Plosina	Závislost úhlu plošiny na úhlu mezi markery
Délka trajektorie Zvire a Diference	Závislost úhlu plošiny na rozdílu úhlu plošiny a úhlu mezi markery

Poté program uloží vykreslený graf ve formátu *.bmp* a hodnoty vypočítaných veličin do tabulky ve formátu *.xlsx*.

#### 4.4.1 Software pro zpracování údajů úhlů

Program pro zpracování výsledků vyžaduje nahrání textových souborů se získanými hodnotami o pohybu plošiny a subjektu v čase. Výstupem tohoto programu je textový soubor s příponou *All Together.txt*, ve kterém jsou v tabulce zaneseny hodnoty: poloha úhlů plošiny, poloha markerů, interpolované hodnoty polohy markerů a časový záznam. (Ukázka graficky zpracovaného záznamu Obr. 34).

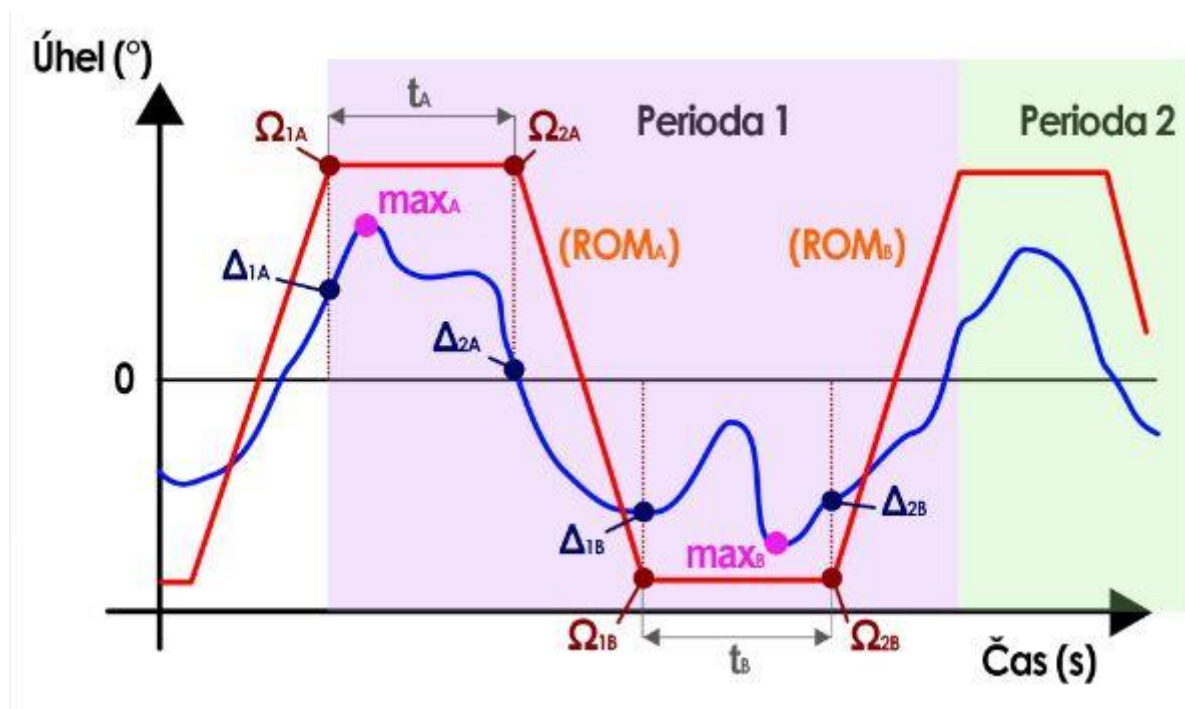


Obrázek 34.: Ukázka grafického záznamu pohybu plošiny a orientace markerů, kde červená křivka znázorňuje polohu plošiny v čase, modrá polohu markerů v čase a fialová část křivky interpolovaná data pro polohu markerů

#### 4.4.2 Určení period a práce s grafy

Pro vhodnou interpretaci výsledků a pro možnost statistického zpracování je třeba záznam rozdělit na několik částí – period. Periodu tvoří záznam od chvíle, kdy se plošina poprvé dostane do maximální extrémní polohy, do chvíle, kdy se znovu ve stejné extrémní poloze vyskytne. Poté následuje další perioda. Poslední perioda je vždy brána jako celek, tedy

systém vyhodnocuje pouze celé ukončené periody. Pro vyhodnocení pohybu markerů a plošiny v rámci periody jsou zavedeny následující veličiny. Veličiny  $t_a$  a  $t_b$  představují časový údaj o délce stacionární polohy v rámci jedné periody v sekundách. Tedy dobu, po kterou plošina stojí v obou extrémech v rámci jedné periody. Veličiny  $\Delta_{1A}$  a  $\Delta_{1B}$  představují velikost úhlu plošiny ve chvíli, kdy se plošina zastaví v jedné z extrémních poloh. Jejich hodnota je vyjádřena v procentech jako podíl velikosti tohoto úhlu v daném čase a amplitudy úhlu plošiny. Veličiny  $\Delta_{2A}$  a  $\Delta_{2B}$  určují velikost úhlu plošiny v čase, kdy se plošina z extrému uvede do pohybu. Jejich hodnota je vyjádřena v procentech a je vztažena k délce amplitudy pohybu plošiny. Veličiny  $max_A$  a  $max_B$  určují extrém úhlu plošiny - v procentech vztažených k velikosti amplitudy úhlu plošiny - v časovém úseku, kdy se plošina nachází v extrémní poloze a velikost úhlu náklonu plošiny je konstantní. Veličiny  $\Omega_{1A} = \Omega_{2A}$  a  $\Omega_{1B} = \Omega_{2B}$  určují velikost úhlu plošiny - v procentech vztažených k velikosti amplitudy úhlu plošiny - ve chvíli, kdy se plošina dostane do extrému a zastaví se/plošina se z extrému uvede znovu do pohybu (Obr. 34). Veličiny  $ROM_A$  a  $ROM_B$  představují rozsah pohybu (range of movement) ve stupních, vypočítaný podle vzorců 15 a 16.



Obrázek 35.: Práce s grafickým záznamem - periody a veličiny

Vztahy pro výpočet odvozených veličin z veličin měřených jsou:

$$\delta_{1A} = 100 \cdot \frac{\Delta_{1A}}{\Omega_{1A}} \quad (13)$$

$$\delta_{2A} = 100 \cdot \frac{\Delta_{2A}}{\Omega_{2A}} \quad (14)$$

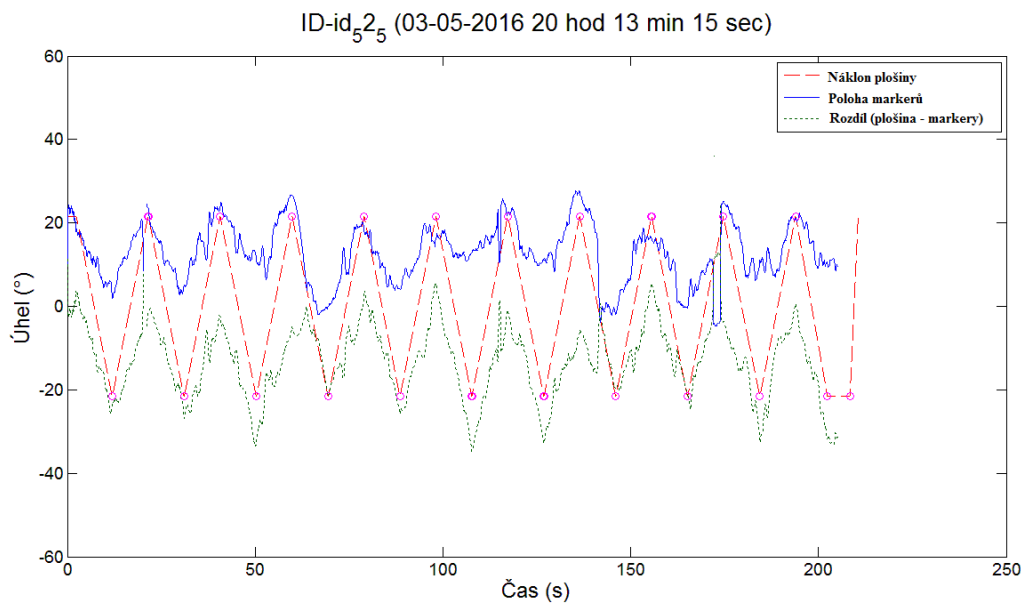
$$ROM_A = 100 \cdot \frac{\Delta_{2A} - \Delta_{1B}}{\Omega_{2A} - \Omega_{1B}} \quad (15)$$

$$ROM_B = 100 \cdot \frac{\Delta_{1A} - \Delta_{2B}}{\Omega_{1A} - \Omega_{2B}} \quad (16)$$

, kde  $\delta_{1A}$  vyjadřuje velikost úhlu polohy markerů v okamžiku, kdy se plošina zastaví v maximálním náklonu v procentech staženou k velikosti amplitudy pohybu plošiny,  $\delta_{2A}$  vyjadřuje velikost úhlu polohy markerů v okamžik, kdy se plošina uvede do pohybu v procentech staženou k velikosti amplitudy pohybu plošiny. Veličiny  $ROM_A$  a  $ROM_B$  vyjadřují rozsah pohybu markerů vztažený k rozsahu pohybu plošiny.

## 4.5 Popis výsledků získaných v experimentální části

Výsledky jsou prezentovány následujícím způsobem. Pro každého jedince je výstupem graf a tabulka hodnot, v nichž je každý jedinec představen identifikačním číslem ID – xxx.



Obrázek 36.: Graf závislosti pohybu markerů a plošiny v čase pro druh *Rana erythraea* s číslem ID – 52

Ukázkový graf je pro žábu druhu *Rana erythraea* s identifikačním číslem ID - 52. Při tomto měření je použit rotační průběh úhlového pohybu s konstantní úhlovou rychlostí  $\omega$ ,  $\omega = 5^\circ/\text{s}$ . Červená křivka grafu představuje změnu úhlu plošiny. Modrá křivka reprezentuje pohyb markerů. Zelená pak jejich rozdíl. Růžová kolečka značí začátek a konec nové periody - moment, kdy se plošina zastaví a poté dá opět do pohybu. Křivka pohybu markerů již od pohledu mění svou polohu v čase. V tomto konkrétním případě tedy měřený subjekt kompenzuje náklon plošiny. V případě, že je průběh modré křivky již vizuálně podobný průběhu červené, průběh difference se bude blížit přímce, ke kompenzaci nedocházelo vůbec, nebo v pouze velmi malém rozsahu.  $\Delta_{1A}$ ,  $\Delta_{2A}$ ,  $\Delta_{1B}$ ,  $\Delta_{2B}$ ,  $max_A$ ,  $max_B$ ,  $ROM_A$ ,  $ROM_B$ ,  $t_a$ ,  $t_b$ , a délka trajektorie.

Tabulka 5.: Ukázková tabulka vypočítaných hodnot veličin pro druh *Rana erythraea* s číslem ID – 52

ID-id_52_5 (03-05-2016 20 hod 13 min 15 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
delta_1_A (%)		108.57	109.38	123.33	86.41	74.93
delta_2_A (%)		107.96	110.37	123.15	83.54	75.76
ROM_A (%)		42.35	27.84	62.06	32.09	7.75
delta_1_B (%)	-10.93	-23.26	-54.68	0.97	-19.35	-60.27
delta_2_B (%)	-9.85	-23.94	-52.25	0.13	-19.34	-60.55
ROM_B (%)	49.36	42.72	35.54	43.27	27.79	21.52
Max_A (%)		108.57	110.37	123.33	86.41	75.76
Max_B (%)	-9.85	-23.26	-52.25	0.97	-19.34	-60.27
t_A (s)		0.04	0.03	0.05	0.04	0.03
t_B (s)	0.04	0.06	0.06	0.07	0.03	0.03
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)		132.31	129.45	128.80	121.67	137.46
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)		142.00	137.47	129.67	126.13	157.11
ID-id_52_5 (03-05-2016 20 hod 13 min 15 sec)	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11	
delta_1_A (%)	103.59	127.24	75.57	116.42	97.45	
delta_2_A (%)	103.61	126.57	74.17	116.61	98.14	
ROM_A (%)	26.06	67.59	37.87	32.82	25.57	
delta_1_B (%)	-51.50	8.60	1.57	-50.97	-47.01	
delta_2_B (%)	-51.76	8.31	1.63	-50.99		
ROM_B (%)	37.74	41.94	59.03	23.23		
Max_A (%)	103.85	127.24	75.57	116.61	98.14	
Max_B (%)	-51.50	8.65	1.63	-50.97	-39.80	
t_A (s)	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	
t_B (s)	0.03	0.05	0.05	0.03	5.97	
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	118.81	141.75	237.47	125.78	100.63	
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	122.69	152.92	293.61	136.04	109.16	

Veličiny  $\Delta_{1A}$ ,  $\Delta_{2A}$ , a  $\max_A$ , obdobně pak veličiny  $\Delta_{1B}$ ,  $\Delta_{2B}$  a  $\max_B$ , popisují polohu markerů v čase, kdy plošina stojí v extrémním náklonu. Jelikož jejich hodnoty nejsou shodné, měřený subjekt kompenzuje pohyb plošiny s určitým zpožděním, tedy i ve chvíli, kdy plošina není v pohybu. Dobu trvání stavu, kdy se plošina nepohybuje a je v maximálním náklonu, popisují veličiny  $t_a$ , a  $t_b$ .  $ROM_A$ ,  $ROM_B$  potom popisují rozsah pohybu, který vykoná hlava měřeného subjektu.

## 4.6 Závěr kapitoly

Na základě pokusného měření s gekončíky nočními jsme určili vhodné podmínky k měření, které jsme aplikovali na měření žab. Vhodný způsob nanesení markerů je pomocí dětských prstových barev. Uchycení drobných živočichů je vhodnější s použitím plastového boxu, než polystyrenového tunelu. Ověřena byla také funkčnost celého systému. Pohyb plošiny je plynulý. Výstupy ze záznamů kamer mají stejnou délku, jako záznamy o pohybu plošiny. Software je schopný požadovaná data zpracovávat. K samotnému měření jsme měli k dispozici 86 jedinců, pro 32 různých druhů žab. Vzhledem k charakteru požadovaného hodnocení pohybu, jakožto stabilizační reakce hlavy na náklon plošiny, probíhalo měření při pohybu plošiny pouze v sagitální rovině. Snímány byly všechny anatomické roviny. Požadované výstupy jsou pro rovinu sagitální.

## 5 Výsledky experimentální části a jejich zhodnocení

V této kapitole představím výsledky měření 32 druhů žab, viz. tab. přehledu druhů. Porovnávala jsem chování jedinců v rámci jednotlivých period pohybů plošiny jednoho druhu. Dále jsem porovnávala jednotlivé druhy žab mezi sebou, tj. porovnáváním totožných period pohybů plošiny pro různé druhy.

### 5.1.1 Výsledky měření

Test Jarque-Bera ukazuje, že data nemají normální rozdělení. Statistické zpracování bylo prováděno v MatLabu. K testování dat záznamu pohybu jedince na dynamické plošině je použita funkce signrank, jedná se o Wilcoxonův párový test. V takovém případě jsou



porovnávány hodnoty v rámci jednotlivých period pro stejný druh. Větší počet jedinců je testován pouze pro druh Bufo bufo. Průběh pohybu plošiny u tohoto testování je vždy rotační s konstantní úhlovou rychlostí  $\omega$ ,  $\omega = 2,5^\circ/s$  a  $\omega = 5^\circ/s$ .

Tabulka 6.: Ukázka výsledků pro parametr Rom\_A pro měřený druh Bufo bufo

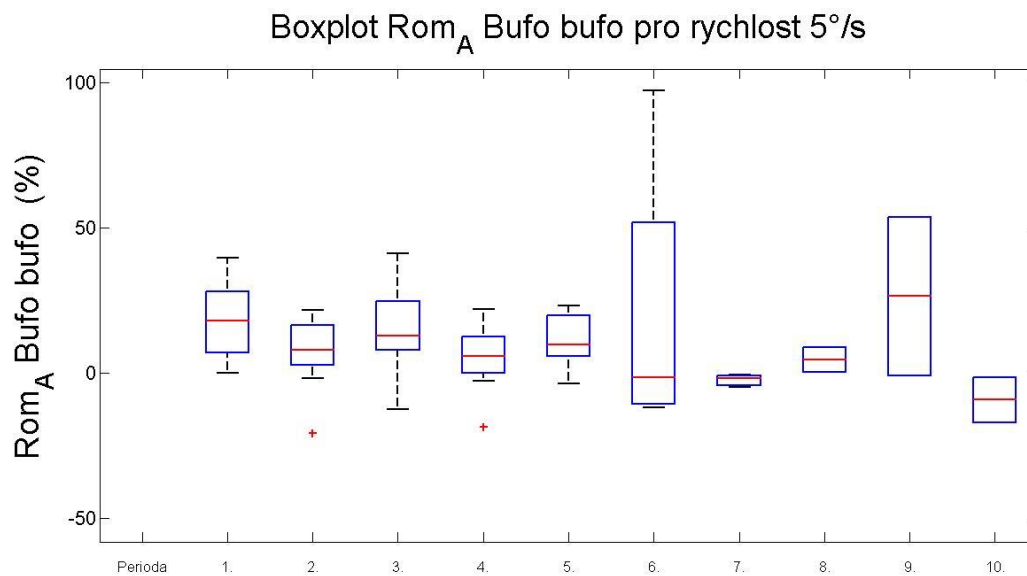
		Perioda									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Identifikační číslo jedince	ID-4		3.44	-12.42	-18.52	23.18	97.33	- 4.93	8.71	53.62	-17.16
	ID-5		0.21	- 0.75	-2.66	- 3.79	-9.51	-0.65	0.40	-0.81	-1.45
	ID-301	29.51	7.97	11.78	4.69	9.77	-12.06	- 1.95			
	ID-302	- 0.18	21.76	21.14	6.71						
	ID-302		20.01		7.83						
	ID-303		20.02		7.91	11.78					
	ID-124		20.04	17.76	9.35						
	ID-123		6.69	34.85	9.36	9.02	6.42				
	ID-122		- 20.74								
	ID-120	39.62	17.08	12.70	2.88						
	ID-118	23.90	8.12								
	ID-118		10.00								
	ID-115	4.58	6.32	41.09	15.29						
	ID-115	14.00	- 1.81								
	ID-114	17.95									
ID-102		16.24	10.82	21.83	18.69						

Pozn.: Vynechané hodnoty představují nedetekované části záznamu o pohybu markerů z důvodu nežádoucího chování měřeného jedince

Tabulka 7.: Ukázka výstupu Wilcoxonova párový test pro hodnoty tabulky 3, kde p je perioda

	Statistické porovnání period									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
p1	1.000	0.813	0.469	0.047	0.313	0.875	0.250	1.000	1.000	0.500
p2	0.813	1.000	0.652	0.320	0.688	0.875	0.250	0.500	1.000	0.500
p3	0.469	0.652	1.000	0.004	0.438	0.875	1.000	0.500	1.000	0.500
p4	0.047	0.320	0.004	1.000	0.063	0.875	0.750	0.500	0.500	0.500
p5	0.313	0.688	0.438	0.063	1.000	0.875	0.500	1.000	0.500	1.000
p6	0.875	0.875	0.875	0.875	0.875	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
p7	0.250	0.250	1.000	0.750	0.500	1.000	1.000	0.500	1.000	0.500
p8	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	0.500
p9	1.000	1.000	1.000	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500
p10	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000

V tabulce č. 6 jsou zaneseny hodnoty parametru  $ROM_A$  pro všechny jedince druhu Bufo bufo. Tabulka č. 7 poté vyhodnocuje míru podobnosti, kde jsou křížem porovnávány hodnoty tabulky č. 6. Testovaná hypotéza  $h = 1$  platí pro hodnotu  $p < 0.05$ , v takovém případě došlo ke statistickým rozdílům mezi periodami. Testovaná hypotéza  $h = 0$  platí pro hodnotu  $p > 0.05$ , v takovém případě nejsou rozdíly v rámci period statisticky významné. Test platí na hladině významnosti 5%. Pro parametr  $ROM_A$  z tohoto poznatku platí, že rozdíly kompenzace žáby druhu Bufo bufo v tomto sledovaném parametru v rámci jednotlivých period nejsou statisticky významné. Změnu kompenzace v závislosti na měřené periodě prezentují obdélníkové grafy – výstupy z MatLabu pro funkci boxplot.



**Obrázek 37.:** Ukázkový výstup Boxplot pro parametr  $ROM_A$  Bufo bufo

Stejným způsobem byl proveden test pro srovnání mezi jednotlivými druhy pro každý parametr. Pro tento test byla MatLabu použita funkce ranksum, což je Wilcoxonův nepárový test. Testovaná hypotéza  $h = 1$  platí pro hodnotu  $p < 0.05$ , v takovém případě jsou patrné statistické rozdíly mezi jednotlivými druhy. Testovaná hypotéza  $h = 0$  platí pro hodnotu  $p > 0.05$ , v takovém případě nedošlo k výrazným statistickým rozdílům v kompenzaci mezi jednotlivými druhy. Test platí na hladině významnosti 5%. Pro parametr  $ROM_A$  z tohoto poznatku platí, že kompenzace mezi jednotlivými druhy se liší.

		Bombina bombina										Bombina variegata					
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	p1	p2	p3	p8	p9	p10
Bombina bombina	p1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.667	0.667	0.667	1.000	0.333	0.667	0.333	0.667	0.333	0.333	0.333
	p2	1.000	1.000	1.000	0.667	1.000	0.667	1.000	1.000	1.000	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
	p3	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.667	1.000	0.667	1.000	0.333	0.333	0.333	0.667	0.333	0.333	0.333
	p4	1.000	0.667	1.000	1.000	1.000	0.333	1.000	1.000	0.667	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
	p5	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.667	1.000	0.667	0.667	0.333	0.333	0.333	0.667	0.333	0.333	0.333
	p6	0.667	0.667	0.667	0.333	0.667	1.000	0.667	0.667	0.667	0.667	0.667	0.667	0.333	0.333	0.667	0.333
	p7	0.667	1.000	1.000	1.000	1.000	0.667	1.000	1.000	1.000	1.000	0.667	0.667	0.333	0.667	0.667	0.333
	p8	0.667	1.000	0.667	1.000	0.667	0.667	1.000	1.000	1.000	0.667	0.667	0.333	0.667	0.667	0.333	0.333
	p9	1.000	1.000	1.000	0.667	0.667	0.667	1.000	1.000	1.000	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333	0.333
	p10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Bombina variegata	p1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	p2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	p3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	p8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	p9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
	p10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Obrázek 38.: Ukázka z tabulky pro mezidruhový test parametru  $ROM_A$  pomocí Wilcoxonova párový test, úplná tabulka je uvedena na CD v souboru Mezdruhové statistické výsledky.xlsx

## 5.2 Diskuze

Navržené metody byly aplikovány pro zkoumání kompenzačních reakcí hlavy na náklon plošiny. Statisticky významné rozdíly pro kompenzaci v rámci jednotlivých period u druhu *Bufo bufo* nebyly shledány u žádného parametru. Hodnoty pro parametr  $ROM_A$  tohoto statistického testování jsou uvedeny v kapitole č. 5.1.2 v tabulce č. 5. Statistické vyhodnocení ostatních parametrů je zobrazeno v tabulkách, které se nacházejí v příloze č. 2. Tabulka č. 50 pro parametr  $\Delta_{1A}$ , tabulka č. 52 pro parametr  $\Delta_{2A}$ , tabulka č. 54 pro parametr  $\Delta_{1B}$ , tabulka č. 56 pro parametr  $\Delta_{2B}$ , tabulka č. 58 pro parametr délky trajektorie, tabulka č. 60 pro parametr  $max_A$ , tabulka č. 62 pro parametr  $max_B$  a tabulka č. 64 pro parametr  $ROM_B$ . U žádného z parametrů pro druh *Bufo bufo* nebyly shledány rozdíly pro kompenzaci v rámci jednotlivých period. Při měření o délce 3. min nedocházelo u žádného z parametrů k jevu, kdy si měřený subjekt „zvykne“ na pravidelný pohyb a zvolní míru kompenzace. Při mezidruhovém srovnání byly nalezeny statisticky významné rozdíly ve všech sledovaných parametrech mezi jednotlivými druhy. Hodnoty těchto rozdílů jsou uvedeny v příloze č. 3.

### 5.3 Závěr kapitoly

V této kapitole je prezentován způsob zpracování výsledků a statistické vyhodnocení. Pro prezentaci ve stati této práce jsem vybrala jen několik příkladů, ostatní se nachází v příloze. Statisticky sledován je vývoj kompenzace během měření. Při testování rozdílů v kompenzaci mezi jednotlivými druhy byly shledány statisticky významné rozdíly.

## 6 Závěr

V následující kapitole se nachází souhrn naplnění cílů uvedených v úvodu bakalářské práce a je zde také zmíněna perspektiva dalšího využití navržené dynamické plošiny.

### 6.1 Naplnění cílů práce

Navržení vhodného pohybu plošiny v souladu se zpracovnou rešerší je hlavním cílem práce. Pohybové vzorce, uvedené v kapitole č. 3 byly použity pro řízení plošiny. Samotná plošina i všechna měření jsou realizována v souladu s požadavky PŘF UK a 1. LF UK na celý systém a jeho řízení. Vzhledem k těmto požadavkům byla plošina testována pouze pro 1-D pohyb. Náklon byl realizován v „předozadním“ směru. Na tomto základě byly zkoumány posturální reakce 32 druhů žab v rámci sagitální roviny. Měření bylo podrobena celkem 86 jedinců. Z toho nejvíce – 27 – zástupců tvořily jedinci druhu Bufo bufo. Při testování subjektů docházelo i k nežádoucímu chování měřených subjektůV takovém případě byla buď část záznamu, nebo celý záznam vyřazen. Z toho důvodu nejsou v práci prezentovány výsledky ze všech měření a u některých z výsledků nejsou uvedeny všechny měřené hodnoty. Pro maximální využití dat byl navržen algoritmus interpolace, a i přes to bylo vlastní zpracování obrazových dat časově náročné. Nejvíce použitelných výsledků – 16 – jsme

získali pro druh *Bufo bufo*. Pro tento druh byl statisticky zkoumán pohyb hlavy během měření na pohyblivé plošině. V rámci jednotlivých period pohybu plošiny nebyly nalezeny statisticky významné rozdíly v reakci na pohyb plošiny. Při mezidruhovém testování byly nalezeny statisticky významné rozdíly v posturálních reakcích žab. Tím je prokázáno, že je možné tyto reakce navrženým systémem vyhodnocovat. Mohu konstatovat, že veškeré cíle mé práce, tedy úprava systému a sw pro záznam a hodnocení pohybu, jsou naplněny.

## **6.2 Perspektivy dalšího využití navržených metod**

Navržený systém umožňuje náklon kolem 3 os a dále umožňuje testovat reakce subjektů na 3-D pohyb pro drobné živočichy. Ačkoliv byl v práci systém využit pouze pro realizaci a měření 1-D pohybu, a to v souladu s požadavky PřF UK, nic neomezuje použití systému pro uvedená měření 3-D pohybu. Pohyby kolem více os mohou být realizovány nezávisle na sobě. Podle uvedené rešerše proběhlo testování náklonu kolem více os nezávisle na sobě u kočky domácí a králíka domácího. Takovýto pohyb může být s použitím navrženého systému i metod řízení použit i k testování drobných plazů. Dále mohou být zkoumány reakce drobných živočichů na kombinovaný 2-D nebo 3-D pohyb plošiny. Při použití stejného průběhu úhlového pohybu plošiny, jako byl použit v této práci pro měření, je možné v budoucnu sledovat i kompenzační pohyby oka měřených subjektů. Samozřejmě se dle mnou navržené metodiky měření může provádět také měření pohybu jiných segmentů těla, např. končetin. Mnou navržený způsob měření se může upravit tomuto měření jiných segmentů těla, a to např. změnou úhlových rozsahů, úhlových rychlostí atp. Veškeré tyto přístupy jsou inovativní a v oblasti výzkumu chování živočichů mohou být přínosem.

Také zde zmíním, že na mnou získaná a zpracovaná data naváže jejich komplexní analýza ve spolupráci s PřF UK a FN Motol, s cílem provést začlenění jednotlivých pohybových ukazatelů do vývojového evolučního stromu druhů, a to s ohledem na evoluci nervové soustavy obratlovců. Tento základní výzkum naváže na mnou získaná data a provedené experimenty.

## 7 Citovaná literatura

- [1] J. Dršata, „Počítačová posturografie v diagnostice a rehabilitaci závrativých stavů, disertační práce,“ Hradec Králové, 2007.
- [2] I. N. P. V. Z. L. B. P. G. N. O. S. G. a. T. G. D. BELOOZEROVA, „Postural Control in the Rabbit Maintaining Balance on the Tilting Platform,“ *Postural Control in the Rabbit Maintaining Balance on the Tilting Platform.*, pp. 90:3783-3793, 2003.
- [3] D. G. E. P. J. S. a. L. H. T. Jane M. Macpherson, „Bilateral Vestibular Lose in Cats Leads to Active Destabilization of Balance During Pitch and Roll Rotations of the Support Surface,“ *J Neurophysiol*, pp. 97:4357-4367, 2007.
- [4] P. V. Z. G. N. O. a. T. G. D. L.-J. Hsu, „Effects of galvanic vestibular stimulation on postural limb reflexes and neurons of spinal postural network,“ *J Neurophysiol*, pp. 108:300-313, 2012.
- [5] L. H. T. a. J. M. Macpherson, „Ratio of Shear to Load Ground-Reaction Force May Underlie the Directional Tuning of the Automatic Postural Response to Rotation and Translation,“ *J Neurophysiol*, pp. 92:808-823, 2004.
- [6] G. N. O. a. T. G. D. V. F. Lyalka, „Impairment of Postural Control in Rabbits With Extensive Spinal Lesions,“ *J Neurophysiol*, pp. 101:1932-1940, 2009.
- [7] P. V. Z. A. K. G. N. V. S. G. a. T. G. D. V. F. Lyalka, „Impairment and Recovery of Postural Control in Rabbits With Spinal Cord Lesion,“ *J Neurophysiol*, pp. 94:3677-3690, 2005.
- [8] L. H. T. C. K. D. G. E. J. M. M. Paul J. Stapley, „Bilateral Vestibular Loss Leads to Active Sestabilization of Balance During Volentary Hed Turns int the Standing Cat,“

*Journal of Neurophysiology*, pp. 6:3783-3797, 2006.

- [9] J. M. M. a. J. Fung, „Weight Support and Balance During Perturbed Stance in the Chronic Spinal Cat,“ *J Neurophysiol*, pp. 82:3066-3081, 1999.
- [10] N. D. a. W. Precht, „Compensatory Head and Eye Movements in the Frog and Their Contribution to Stabilization of Gaze,“ *Exp Brain Res*, pp. 47:394-406, 1982.
- [11] S. C. a. W. P. N. Dieringer, „Differences in the central organization of gaze stabilizing reflexes between frog and turtle,“ *J Comp Physiol*, pp. 153:495-508, 1983.
- [12] N. Dieringer, „The role of compensatory eye and head movements for gaze stabilization in the unrestrained frog,“ *Brain Research*, pp. 404:33-38, 1987.
- [13] R. G. N. a. R. P. B. James Edward Heath, „Rotational Optokinesis in Reptiles and its Bearing on Pupillary Shape,“ *Z. vergl. Physiologie*, pp. 62:75-85, 1969.
- [14] E. a. H. Collewijn, „Vestibulo-ocular and optokinetic reactions to rotation and their interaction in the Rabbit,“ *J. Physiologie*, pp. 238:603-625, 1974.
- [15] J. T. I. T. P. H. H. F. M. d. L. E. A. C. a. J.-S. B. Billy L. Luu1, „Human standing is modified by an unconscious integration of congruent sensory and motor signals“.
- [16] „Stewart platform. Wikipedia.org [online]. [cit. 2016-03-29]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Stewart\\_platform](http://en.wikipedia.org/wiki/Stewart_platform),“ [Online].
- [17] L.-F. b. S. Yi-Ching Tsai a, „Age-related changes in posture response under a continuous,“ 2013.
- [18] Karger, Základy robotiky, ČVUT, 2000.



- [19] H. F. ŠALING M., „Asymetrický náklon těla vyvolaný vibráciou achillovej šlachy u pacientov s jednostrannou vestibulárnou hypofunkciou,“ 1995.
- [20] P. V. S. J. H. a. D. Š. KUTÍLEK, „Systém pro měření pohybové odezvy drobných živočichů na změny orientace jejich těla v prostoru,“ 2014.

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Experimentální uspořádání pro testování posturální reakce na naklonění [2].....	16
Obrázek 2: Ukázka posturální reakce na naklonění [2] .....	17
Obrázek 3: Vyrovnávací pohyby končetin během naklápění, převzato z [2] .....	17
Obrázek 4: Studium prostorové orientace při testování schopnosti udržení rovnováhy kočky domácí [3] .....	20
Obrázek 5: Konstrukce experimentu, časový profil a konfigurace končetin novozélandského králíka, převzato z [4].....	22
Obrázek 6: Schéma translace a rotace použité dynamické plošiny [5] .....	24
Obrázek 7: Návrh uspořádání experimentu a výsledky testování – lichoběžníkový typ náklonu [6] .....	25
Obrázek 8: Experimentální uspořádání pro testování posturální reakce na klonění sinusovým a lichoběžníkovým způsobem náklonu [7].....	27
Obrázek 9: Schéma souřadného systému a matematický popis experimentu, převzato z [8] ...	29
Obrázek 10: Souřadný systém os směrů pohybu pro vyhodnocování [9].....	30
Obrázek 11.: Ukázka grafů z článku [10] s odpovědí na sinusové stimulační těla žaby v prostoru.....	32
Obrázek 12.: Ukázka výsledků studie [11] s grafem časové a frekvenční závislosti pohybu hlavy žaby a želvy .....	33
Obrázek 13.: Příklad výsledků studie [12], kde diagramy ukazují Průměrné pohyby oka, hlavy a rychlostní záznamy pro 8 cyklů pohybu.....	34
Obrázek 14.: Ukázka konstrukčního návrhu systému měření použitého ve studii [13].....	35
Obrázek 15.: Ukázka výsledků studia náklonu hlavy ve studii [13].....	36
Obrázek 16: Konstrukce experimentu pro studium [15].....	40
Obrázek 17.: Tři druhy rotace (yaw, pitch a roll) [16].....	41
Obrázek 18: Konstrukce pro určení stabilometrie člověka pomocí dynamické plošiny ovládané paralelními roboty, převzato z [17].....	42

Obrázek 19: Schéma systému pro měření pohybové pohybu drobných živočichů; [20].....	47
Obrázek 20.: Schéma návrhu lineárního průběhu úhlového pohybu plošiny.....	48
Obrázek 21.: Schéma změny rychlosti v závislosti na úhlu vychýlení pro sinusový pohyb....	50
Obrázek 22.: Schéma souřadného systému těla živočicha [20] .....	51
Obrázek 23.: Polystyrenový tunel .....	56
Obrázek 24.: Plastový ohradník .....	57
Obrázek 25.: Měřený subjekt v boxu přichyceném pomocí magnetů na plošinu, která se nachází v maximálním úhlu náklonu .....	57
Obrázek 26.: Měřicí systém reálná fotografie.....	58
Obrázek 27.: Modelové umístění markerů pro detekci frontální (1) a sagitální (2) roviny .....	60
Obrázek 28.: Modelové umístění markerů pro detekci transversální roviny.....	61
Obrázek 29.: Měřený subjekt s markerem pro hodnocení pohybu hlavy v sagitální rovině...	61
Obrázek 30.: Dětské prstové barvy pro nanesení kontrastních značek .....	61
Obrázek 31.: Subjekt před měřením umístěný v boxu připevněném na plošinu.....	62
Obrázek 32.: Měřený subjekt při snímání kamerou během pohybu plošiny.....	63
Obrázek 33.: Prostředí MatLab - určení úhlu polohy hlavy v prostoru .....	64
Obrázek 34.: Ukázka grafického záznamu pohybu plošiny a orientace markerů, kde červená křivka znázorňuje polohu plošiny v čase, modrá polohu markerů v čase a fialová část křivky interpolovaná data pro polohu markerů .....	67
Obrázek 35.: Práce s grafickým záznamem - periody a veličiny.....	68
Obrázek 36.: Graf závislosti pohybu markerů a plošiny v čase pro druh <i>Rana erythraea</i> s číslem ID – 52.....	70
Obrázek 37.: Ukázkový výstup Boxplot pro parametr Rom_A <i>Bufo bufo</i> .....	75
Obrázek 38.: Ukázka z tabulky pro mezidruhový test parametru Rom_A pomocí Wilcoxonova párový test, úplná tabulka je uvedena na CD v souboru Mezidruhové statistické výsledky.xlsx .....	76

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Shrnutí jednotlivých pohybů plošiny pro uvedené experimenty.....	36
Tabulka 2.: Přehled měřených žab .....	55
Tabulka 3.: Přehled použitých příkazů v programu .....	66
Tabulka 4.: Přehled programem vypočtených veličin.....	66
Tabulka 5.: Ukázková tabulka vypočítaných hodnot veličin pro druh <i>Rana erythraea</i> s číslem ID – 52.....	71
Tabulka 6.: Ukázka výsledků pro parametr Rom_A pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	73
Tabulka 7.: Ukázka výstupu Wilcoxonova párový test pro hodnoty tabulky 3, kde p je perioda .....	74
Tabulka 8.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 102 .....	87
Tabulka 9.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 114 .....	88
Tabulka 10.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 115 – první měření .....	89
Tabulka 11.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 115 – druhé měření.....	90
Tabulka 12.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 118 – první měření .....	91
Tabulka 13.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 118 – druhé měření.....	92
Tabulka 14.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 120 .....	93
Tabulka 15.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 122 .....	94
Tabulka 16.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 123 .....	95
Tabulka 17.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 124 .....	96
Tabulka 18.: Výsledky pro žábu druhu <i>Phrynomerus bifasciatus</i> označenou č. 201 .....	97
Tabulka 19.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo regularis</i> označenou č. 203 perioda 1-6.....	98
Tabulka 20.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo regularis</i> označenou č. 203 perioda 7-10.....	99
Tabulka 21.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo regularis</i> označenou č. 204 .....	100
Tabulka 22.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo regularis</i> označenou č. 205 .....	100
Tabulka 23.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo regularis</i> označenou č. 206 .....	102

Tabulka 24.: Výsledky pro žábu druhu <i>Pyxicephalus edulis</i> označenou č. 207 .....	103
Tabulka 25.: Výsledky pro žábu druhu <i>Phrynomerus bifasciatus</i> označenou č. 210 – první měření.....	105
Tabulka 26.: Výsledky pro žábu druhu <i>Phrynomerus bifasciatus</i> označenou č. 210 – druhé měření.....	106
Tabulka 27.: Výsledky pro žábu druhu <i>Phrynomerus bifasciatus</i> označenou č. 210 – třetí měření.....	107
Tabulka 28.: Výsledky pro žábu druhu <i>Phrynomerus bifasciatus</i> označenou č. 210 – čtvrté měření.....	108
Tabulka 29.: Výsledky pro žábu druhu <i>Phrynomerus bifasciatus</i> označenou č. 211 – první měření.....	109
Tabulka 30.: Výsledky pro žábu druhu <i>Phrynomerus bifasciatus</i> označenou č. 211 – druhé měření.....	110
Tabulka 31.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 301 .....	111
Tabulka 32.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 302 – první měření .....	112
Tabulka 33.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 302 – druhé měření.....	113
Tabulka 34.: Výsledky pro žábu druhu <i>Bufo bufo</i> označenou č. 303 .....	114
Tabulka 35.: Výsledky pro žábu druhu <i>Phyllobates ditattis</i> označenou č. 32.....	115
Tabulka 36.: Výsledky pro žábu druhu <i>Epipedobates anthonyi</i> označenou č. 33.....	116
Tabulka 37.: Výsledky pro žábu druhu <i>Epipedobates anthonyi</i> označenou č. 34.....	117
Tabulka 38.: Výsledky pro žábu druhu <i>Theloderma corticale</i> označenou č. 35 .....	118
Tabulka 39.: Výsledky pro žábu druhu <i>Theloderma corticale</i> označenou č. 36 – první měření .....	119
Tabulka 40.: Výsledky pro žábu druhu <i>Theloderma corticale</i> označenou č. 36 pro periody 1-6 –druhé měření.....	120
Tabulka 41.: Výsledky pro žábu druhu <i>Theloderma corticale</i> označenou č. 36 pro periody 7-10 –druhé měření.....	121

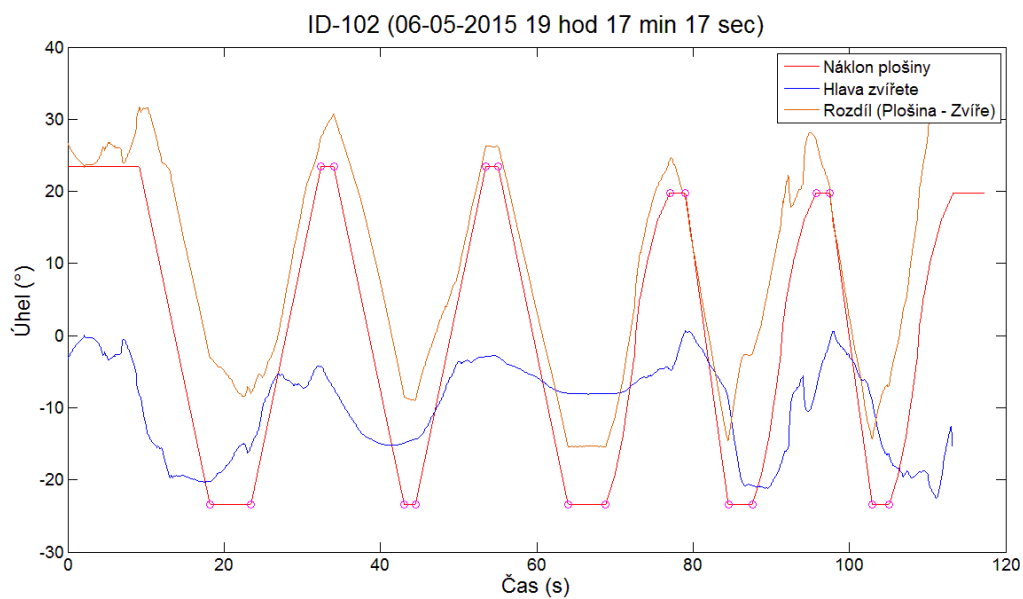
Tabulka 42.: Výsledky pro žábu druhu <i>Hyperolius mitchelli</i> označenou č. 37 pro periody 1-5 .....	122
Tabulka 43.: Výsledky pro žábu druhu <i>Hyperolius mitchelli</i> označenou č. 37 pro periody 6-10.....	122
Tabulka 44.: Výsledky pro žábu druhu <i>Hyperolius mitchelli</i> označenou č. 38 .....	123
Tabulka 45.: Výsledky pro žábu druhu <i>Caloula pulchra</i> označenou č. 50 periody 1-5 .....	125
Tabulka 46.: Výsledky pro žábu druhu <i>Caloula pulchra</i> označenou č. 50 periody 7-11 .....	126
Tabulka 47.: Výsledky pro žábu druhu <i>Rana erythraea</i> označenou č. 52 periody 1-6.....	127
Tabulka 48.: Výsledky pro žábu druhu <i>Rana erythraea</i> označenou č. 52 periody 7-10.....	127
Tabulka 49.: Výsledky pro parametr delta_1A pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	129
Tabulka 50.: Statistické porovnání period pro parametr delta 1A <i>Bufo bufo</i> .....	129
Tabulka 51.: Výsledky pro parametr delta_2A pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	130
Tabulka 52.: Statistické porovnání period pro parametr delta 2A <i>Bufo bufo</i> .....	131
Tabulka 53.: Výsledky pro parametr delta_1B pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	132
Tabulka 54.: Statistické porovnání period pro parametr delta_1B <i>Bufo bufo</i> .....	132
Tabulka 55.: Výsledky pro parametr delta_2B pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	133
Tabulka 56.: Statistické porovnání period pro parametr delta_2B <i>Bufo bufo</i> .....	134
Tabulka 57.: Výsledky pro parametr délka trajektorie zvíře x plošina pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	135
Tabulka 58.: Statistické porovnání period pro parametr délka trajektorie zvíře x plošina <i>Bufo bufo</i> .....	135
Tabulka 59.: Výsledky pro parametr Max_A pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	136
Tabulka 60.: Statistické porovnání period pro parametr Max_A <i>Bufo bufo</i> .....	137
Tabulka 61.: Výsledky pro parametr Max_B pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	138
Tabulka 62.: Statistické porovnání period pro parametr Max_B <i>Bufo bufo</i> .....	138
Tabulka 63.: Výsledky pro parametr Rom_B pro měřený druh <i>Bufo bufo</i> .....	139
Tabulka 64.: Statistické porovnání period pro parametr Rom_B <i>Bufo bufo</i> .....	140

## 8 Přílohy

Příloha č. 1 Přehled získaných výsledků pro jednotlivé jedince:

**Tabulka 8.: Výsledky pro žabu druhu Bufo bufo označenou č. 102**

ID-102 (06-05-2015 19 hod 17 min 17 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)		-18.05	-12.46	-23.61	-37.09
delta_2_A (%)		-31.21	-12.56	3.22	-5.02
ROM_A (%)		16.24	10.82	21.83	18.69
delta_1_B (%)	86.64	63.68	34.20	37.57	38.75
delta_2_B (%)	65.80	61.34	34.35	88.77	71.05
ROM_B (%)	23.87	24.44	7.79	31.09	
Max_A (%)		-18.05	-11.73	3.22	-5.02
Max_B (%)	86.64	63.68	34.72	88.86	71.05
t_A (s)		1.62	1.59	1.97	1.70
t_B (s)	5.26	1.44	4.84	3.08	2.19
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)		101.35	92.79	118.77	114.02
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)		86.70	85.53	114.50	119.33

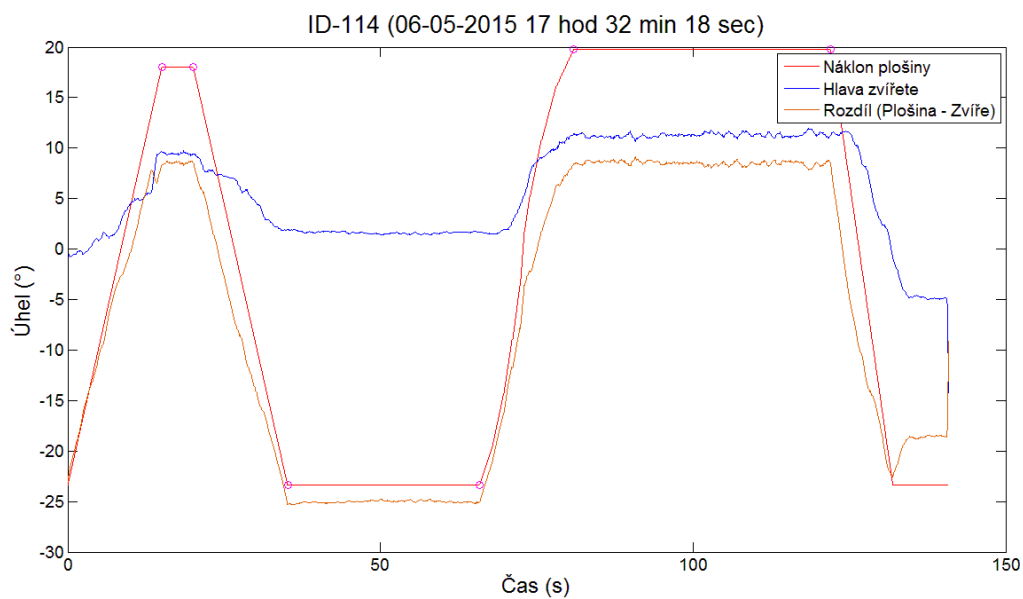


Graf 1.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 102

Tabulka 9.: Výsledky pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 114

ID-114 (06-05-2015 17 hod 32 min 18 sec)	P_1	P_2
delta_1_A (%)	53.68	57.50
delta_2_A (%)	51.89	56.83
ROM_A (%)	17.95	
delta_1_B (%)	-8.16	
delta_2_B (%)	-7.24	
ROM_B (%)	22.43	
Max_A (%)	54.05	60.40
Max_B (%)	-5.88	
t_A (s)	5.04	41.05
t_B (s)	30.68	
Délka trajektorie Zvíře a Plosina(°)	110.81	
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	108.48	

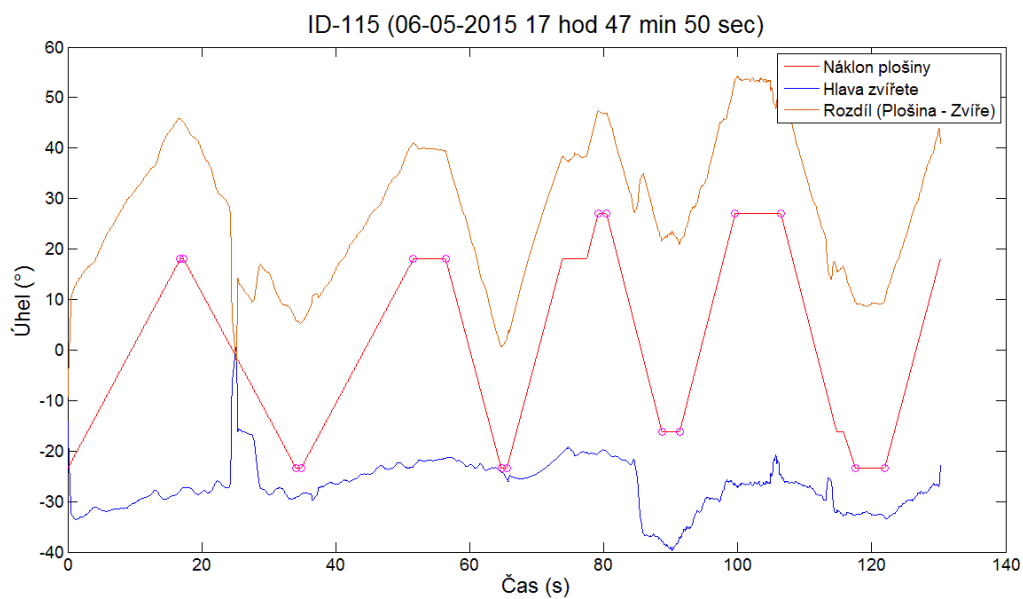




**Graf 2.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 114

**Tabulka 10.:** Výsledky pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 115 – první měření

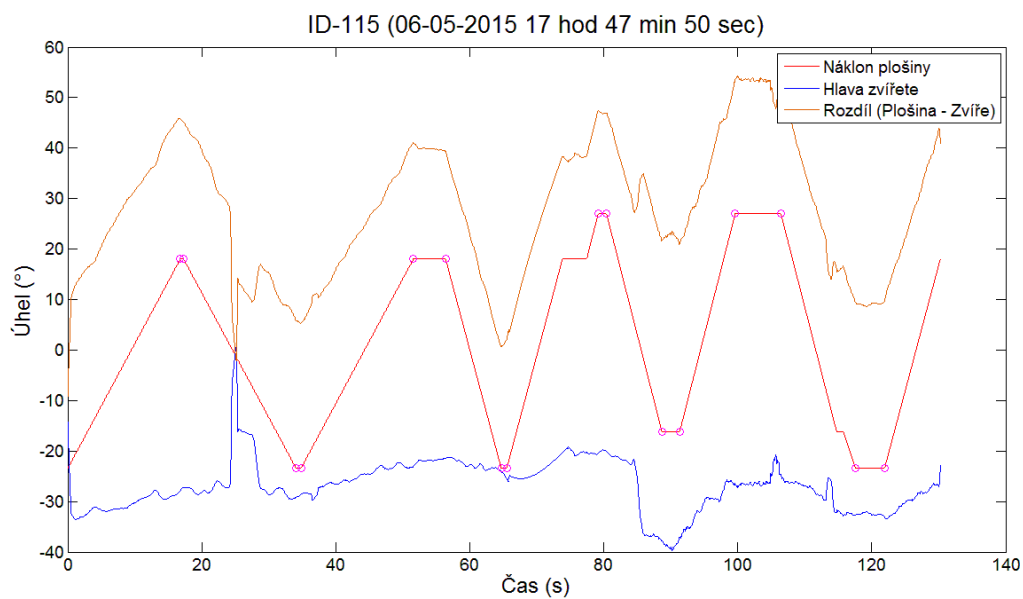
ID-115 (06-05-2015 17 hod 55 min 07 sec)	P_1	P_2
delta_1_A (%)	-43.22	-40.10
delta_2_A (%)	-33.86	-46.69
ROM_A (%)	14.00	-1.81
delta_1_B (%)	61.85	43.07
delta_2_B (%)	58.35	50.10
ROM_B (%)	9.12	
Max_A (%)	-33.86	-39.46
Max_B (%)	61.85	50.65
t_A (s)	4.57	1.47
t_B (s)	1.73	2.12
Délka trajektorie Zvíře a Plosina(°)	137.29	154.40
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	151.91	179.74



**Graf 3.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 115 - první měření**

**Tabulka 11.: Výsledky pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 115 – druhé měření**

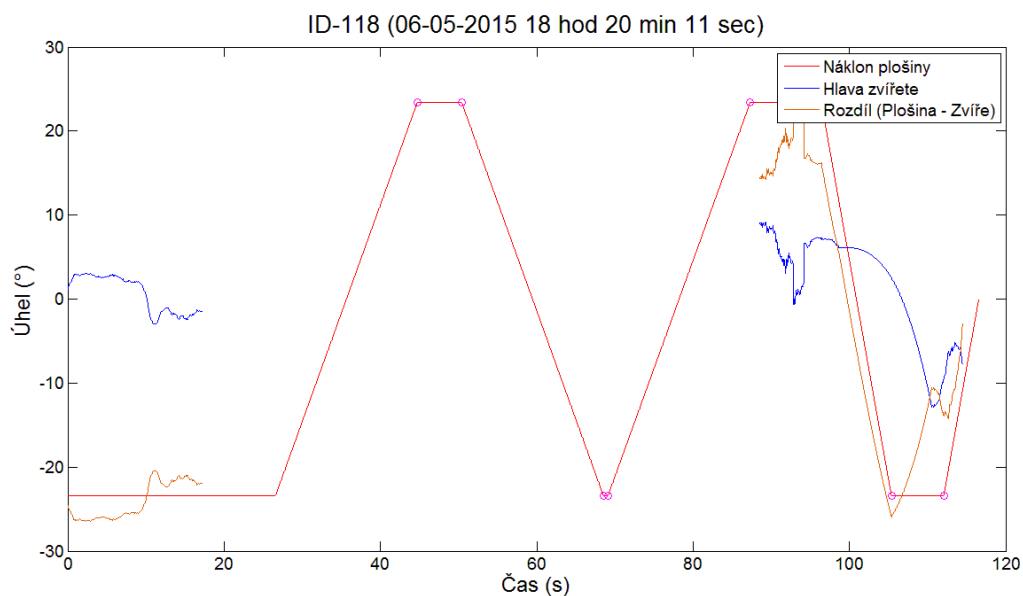
ID-115 (06-05-2015 17 hod 47 min 50 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4
delta_1_A (%)	-154.97	-128.47	-75.95	-98.50
delta_2_A (%)	-151.89	-118.98	-74.18	-92.48
ROM_A (%)	4.58	6.32	41.09	15.29
delta_1_B (%)	124.94	102.71	233.20	139.63
delta_2_B (%)	122.31	109.38	229.60	141.37
ROM_B (%)	13.28	10.10	24.54	
Max_A (%)	-151.60	-118.94	-73.06	-76.92
Max_B (%)	124.94	109.38	245.03	141.37
t_A (s)	0.51	4.85	1.24	6.82
t_B (s)	0.75	0.83	2.64	4.33
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	147.42	105.64	114.63	141.23
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	169.45	104.29	112.90	151.63



**Graf 4.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 115 – druhé měření

**Tabulka 12.:** Výsledky pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 118 – první měření

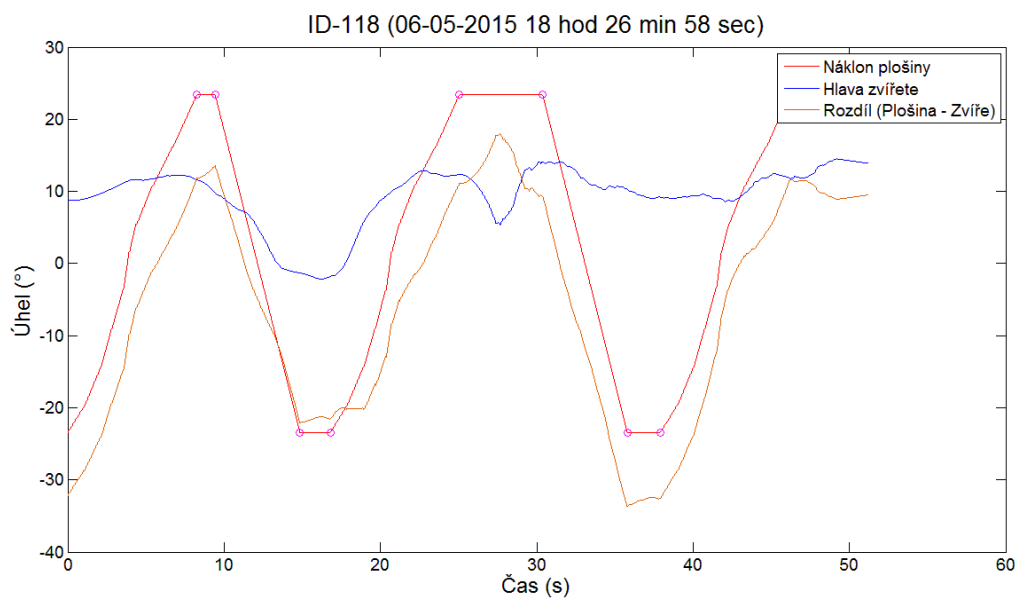
ID-118 (06-05-2015 18 hod 20 min 11 sec)	P_1	P_2
delta_1_A (%)		
delta_2_A (%)		30.74
ROM_A (%)		10.00
delta_1_B (%)		-10.73
delta_2_B (%)		40.60
ROM_B (%)		
Max_A (%)		39.32
Max_B (%)		54.82
t_A (s)	5.68	9.10
t_B (s)	0.60	6.70
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	0.00	126.45
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	0.00	148.73



**Graf 5.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 118 - první měření

**Tabulka 13.:** Výsledky pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 118 – druhé měření

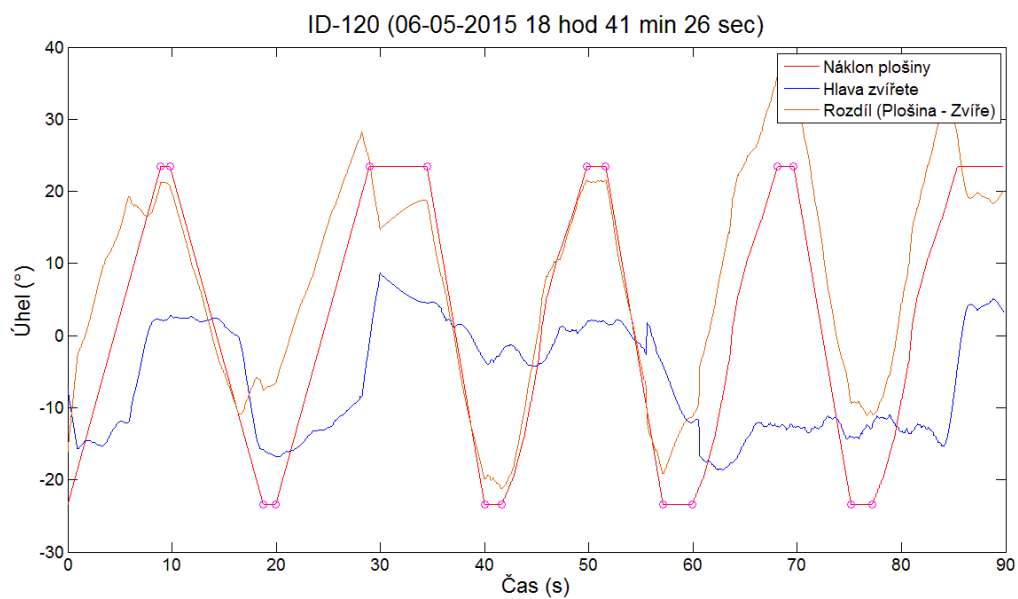
ID-118 (06-05-2015 18 hod 26 min 58 sec)	P_1	P_2
delta_1_A (%)	49.60	52.71
delta_2_A (%)	42.20	60.28
ROM_A (%)	23.90	8.12
delta_1_B (%)	5.60	-44.03
delta_2_B (%)	7.74	-39.29
ROM_B (%)	30.22	
Max_A (%)	49.60	60.36
Max_B (%)	9.31	-38.34
t_A (s)	1.17	5.33
t_B (s)	1.95	2.12
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	103.25	114.93
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	85.75	117.70



**Graf 6.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 118 - druhé měření

**Tabulka 14.:** Výsledky pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 120

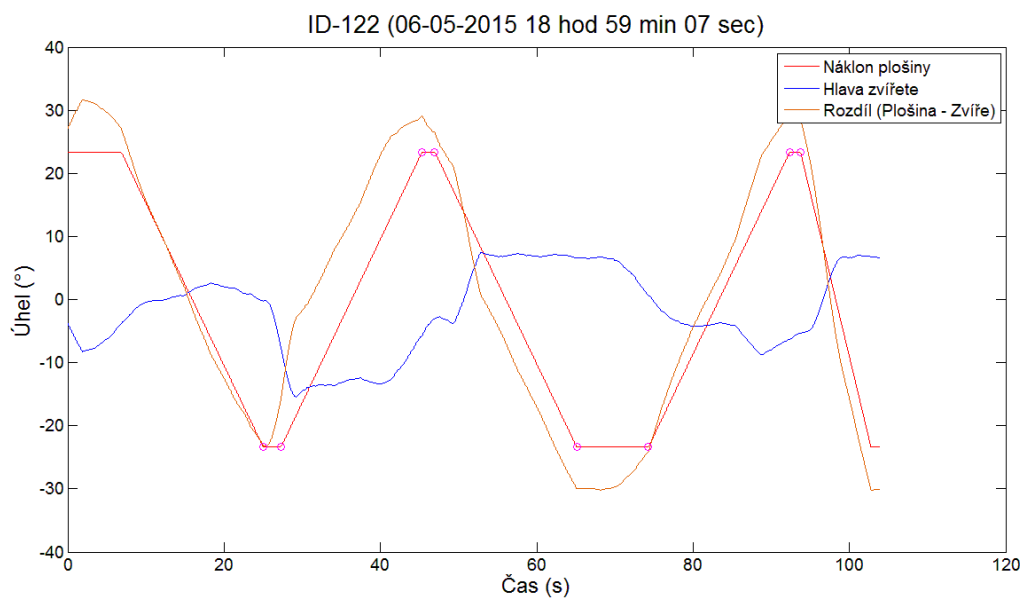
ID-120 (06-05-2015 18 hod 41 min 26 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4
delta_1_A (%)	9.30	-4.08	7.62	-53.73
delta_2_A (%)	11.67	19.49	7.83	-54.20
ROM_A (%)	39.62	17.08	12.70	2.88
delta_1_B (%)	67.56	14.68	17.57	59.97
delta_2_B (%)	71.50	9.14	51.51	53.97
ROM_B (%)	33.71	8.38	-1.11	
Max_A (%)	11.67	37.23	9.49	-52.40
Max_B (%)	71.50	17.18	51.53	61.06
t_A (s)	0.89	5.53	1.81	1.56
t_B (s)	1.21	1.67	2.80	2.02
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	110.78	116.10	117.61	112.14
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	99.16	114.90	115.48	117.02



Graf 7.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 120

Tabulka 15.: Výsledky pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 122

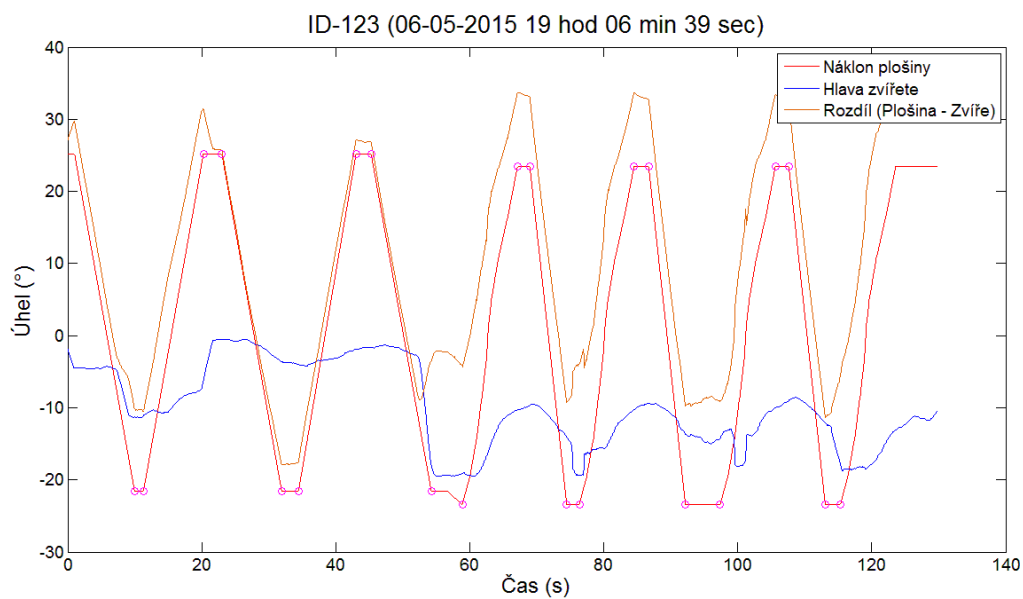
ID-122 (06-05-2015 18 hod 59 min 07 sec)	P_1	P_2	P_3
delta_1_A (%)		-24.29	-26.82
delta_2_A (%)		-13.32	-22.62
ROM_A (%)		-20.74	
delta_1_B (%)	0.90	-28.16	
delta_2_B (%)	32.38	-3.29	
ROM_B (%)	4.05	-15.05	
Max_A (%)		-13.32	-22.62
Max_B (%)	32.38	-3.29	
t_A (s)		1.61	1.37
t_B (s)	2.25	9.15	
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)		112.99	
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		130.76	



**Graf 8.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 122**

**Tabulka 16.: Výsledky pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 123**

ID-123 (06-05-2015 19 hod 06 min 39 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
delta_1_A (%)		-24.80	-7.63	-44.11	-44.08	-42.73
delta_2_A (%)		-2.18	-6.62	-41.42	-40.09	-38.60
ROM_A (%)		6.69	34.85	9.36	9.02	6.42
delta_1_B (%)	52.34	17.03	83.23	60.15	58.13	51.43
delta_2_B (%)	51.15	18.60	81.63	82.79	61.06	76.39
ROM_B (%)	10.25	4.47	18.76	19.36	9.16	
Max_A (%)		-2.16	-6.27	-41.42	-40.09	-38.60
Max_B (%)	52.62	18.60	90.39	82.97	64.18	76.39
t_A (s)		2.75	2.25	1.86	2.18	2.02
t_B (s)	1.32	2.50	4.64	1.90	5.20	2.28
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)		100.96	109.29	104.54	106.64	102.81
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		98.62	100.20	98.73	103.49	99.15

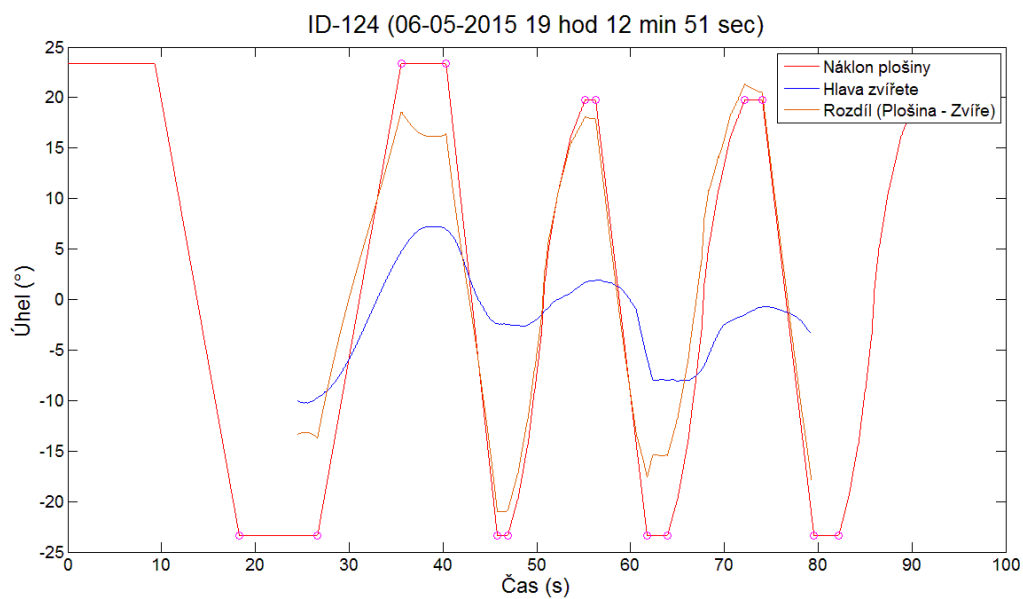


**Graf 9.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 123

**Tabulka 17.:** Výsledky pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 124

ID-124 (06-05-2015 19 hod 12 min 51 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4
delta_1_A (%)		20.33	8.52	-7.64
delta_2_A (%)		29.86	9.51	-3.71
ROM_A (%)		20.04	17.76	
delta_1_B (%)		10.21	24.74	
delta_2_B (%)	41.59	10.50	34.06	
ROM_B (%)	30.96	9.59	14.95	
Max_A (%)		30.92	9.51	-3.71
Max_B (%)	43.80	10.50	34.32	
t_A (s)		4.77	1.11	1.86
t_B (s)	8.33	1.11	2.17	2.64
Délka trajektorie Zvíře a Plosina(°)		94.89	91.97	41.98
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		83.52	80.99	39.75

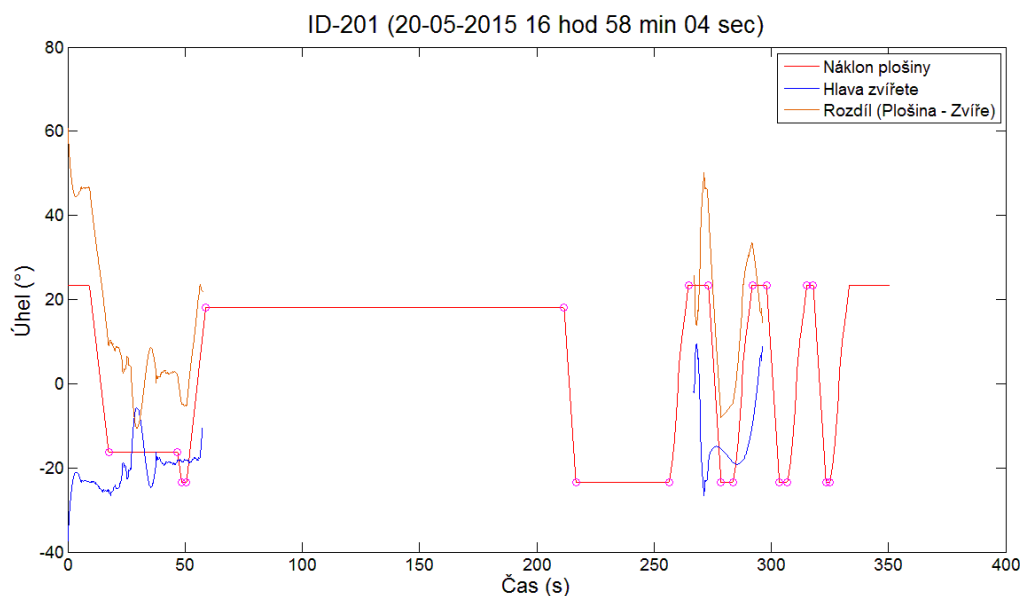




Graf 10.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 124

Tabulka 18.: Výsledky pro žábu druhu Phrynomerus bifasciatus označenou č. 201

ID-201 (20-05-2015 16 hod 58 min 04 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
delta_1_A (%)		79.25		65.62		
delta_2_A (%)		77.35		79.51		
ROM_A (%)				18.19		
delta_1_B (%)	156.05			-43.14		
delta_2_B (%)	112.48		-80.38			
ROM_B (%)	4.49		-7.38			
Max_A (%)		80.29		79.51		
Max_B (%)	164.20		40.35	38.83		
t_A (s)		2.10	39.75	5.07	3.46	1.70
t_B (s)	29.40	152.88	8.56	6.14	2.77	
Délka trajektorie Zvíře a Plosina(°)		0.00	157.39	21.92	0.00	
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		0.00	179.34	31.00	0.00	



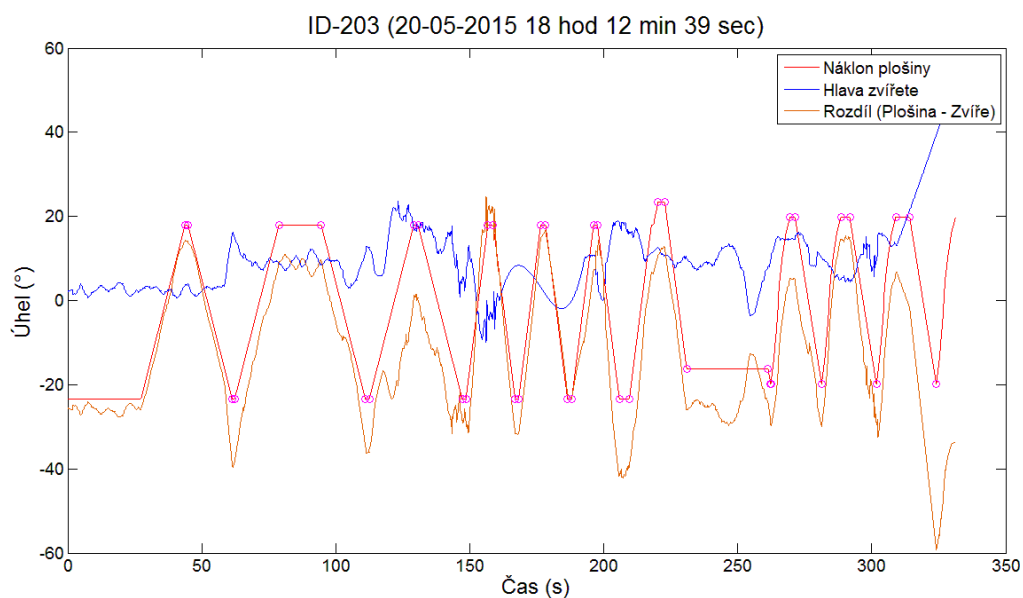
**Graf 11.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Phrynomerus microps* označenou č. 201

**Tabulka 19.:** Výsledky pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 203 perioda 1-6

ID-203 (20-05-2015 18 hod 12 min 39 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
delta_1_A (%)	20.54	48.83	93.91	-19.43	17.53	59.27
delta_2_A (%)	22.19	47.49	97.07	-18.06	7.92	36.81
ROM_A (%)	-28.69	-6.12	29.72	-27.43	6.66	-27.93
delta_1_B (%)	-67.83	-47.36	-22.09	-34.65	5.69	-77.73
delta_2_B (%)	-62.97	-53.48	-23.05	-35.77	0.10	-68.92
ROM_B (%)	-14.36	10.60	-21.48	-12.60	25.82	-7.37
Max_A (%)	22.22	68.23	100.39	-15.17	17.53	60.14
Max_B (%)	-62.97	-47.36	-9.72	-34.65	5.69	-67.92
t_A (s)	1.08	15.75	1.56	1.98	1.83	1.40
t_B (s)	0.91	1.44	1.36	1.30	1.59	3.72
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabulka 20.: Výsledky pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 203 perioda 7-10

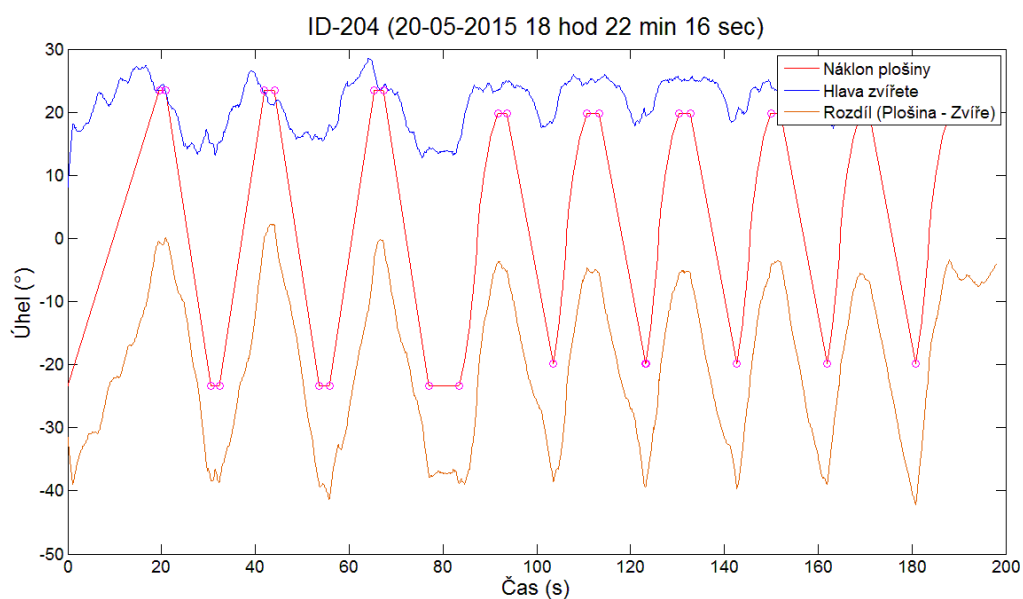
ID-203 (20-05-2015 18 hod 12 min 39 sec)	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11
delta_1_A (%)	54.18	-49.12	-51.53	-47.48	-198.62
delta_2_A (%)	44.83	-49.81	-51.45	-49.23	-199.10
ROM_A (%)	1.16	12.06	-12.62	9.41	
delta_1_B (%)	-61.91	73.92	26.22	68.06	
delta_2_B (%)	-48.54	74.96	24.49	108.46	
ROM_B (%)	-51.72	11.72	-11.49	-45.08	
Max_A (%)	54.18	-49.12	-51.45	-47.48	-198.62
Max_B (%)	22.32	74.96	29.44	108.46	
t_A (s)	2.47	0.03	0.03	0.08	0.05
t_B (s)	30.33	1.86	3.31	5.19	
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



Graf 12.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 203

Tabulka 21.: Výsledky pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 204

ID-204	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
delta_1_A (%)	101.76	98.93	112.40	118.89	123.73	127.64	122.73	127.84
delta_2_A (%)	99.61	90.79	102.87	125.62	127.08	127.88	118.20	133.87
ROM_A (%)	17.71	11.52	21.16	15.64	13.96	13.99	10.59	10.48
delta_1_B (%)	-64.20	-67.76	-60.54	-94.34	-99.17	-99.90	-97.02	-112.90
delta_2_B (%)	-65.42	-76.72	-66.13	-94.65	-98.63	-100.24	-96.77	-112.83
ROM_B (%)	16.75	17.84	18.67	14.54	14.50	11.24	15.54	
Max_A (%)	104.49	98.93	112.40	126.27	127.78	127.88	122.73	133.96
Max_B (%)	-56.38	-66.12	-56.41	-94.34	-98.63	-99.90	-96.77	-112.83
t_A (s)	1.39	2.09	1.95	1.92	2.54	2.38	2.11	1.87
t_B (s)	1.79	2.15	6.51	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	109.91	107.09	109.97	88.16	88.14	87.67	86.78	84.94
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	104.29	101.17	104.62	81.66	82.32	82.28	80.94	82.15

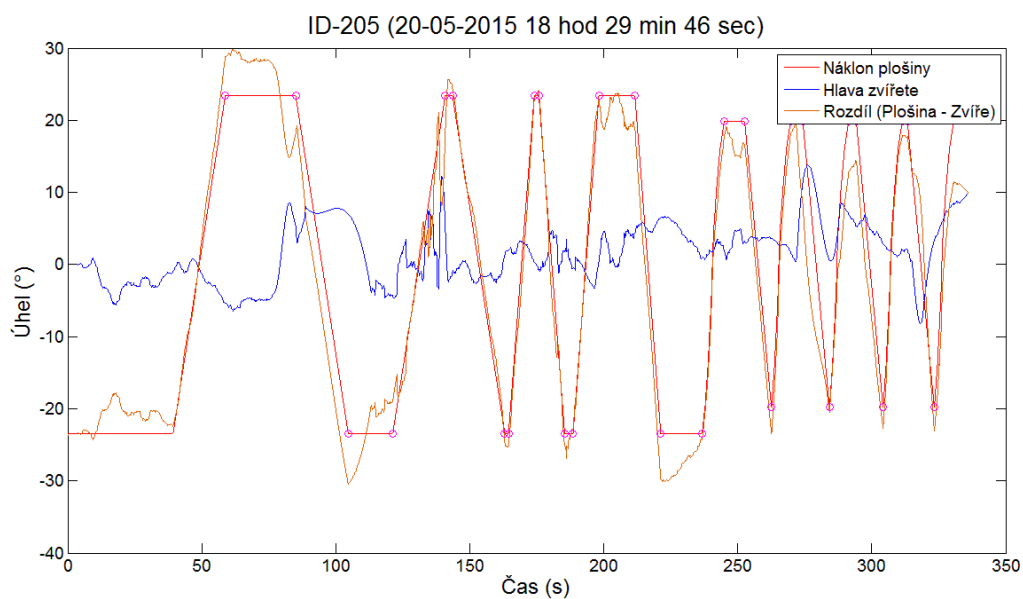


Graf 13.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 204

Tabulka 22.: Výsledky pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 205

ID-205	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11	P_6	P_7	P_8
delta_1_A (%)	54.18	-49.12	-51.53	-47.48	-198.62	8.81	35.24	10.02
delta_2_A (%)	44.83	-49.81	-51.45	-49.23	-199.10	57.68	27.36	10.35

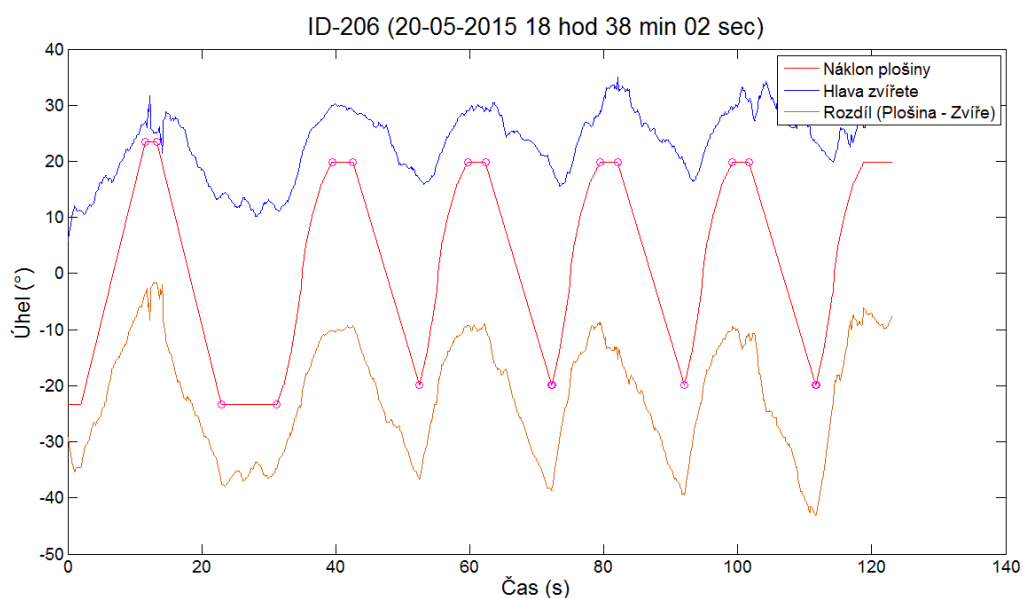
ROM_A (%)	1.16	12.06	-12.62	9.41		27.12	6.43	-3.05
delta_1_B (%)	-61.91	73.92	26.22	68.06		-3.44	-14.51	-16.44
delta_2_B (%)	-48.54	74.96	24.49	108.46		-3.29	-14.48	-16.70
ROM_B (%)	-51.72	11.72	-11.49	-45.08		15.97	-2.23	
Max_A (%)	54.18	-49.12	-51.45	-47.48	-198.62	57.68	35.24	10.99
Max_B (%)	22.32	74.96	29.44	108.46		-3.29	-14.48	-16.44
t_A (s)	2.47	0.03	0.03	0.08	0.05	4.58	2.86	1.94
t_B (s)	30.33	1.86	3.31	5.19		0.05	0.05	0.05
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	97.54	83.04	87.93
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	89.80	82.75	87.89



Graf 14.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 205

Tabulka 23.: Výsledky pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 206

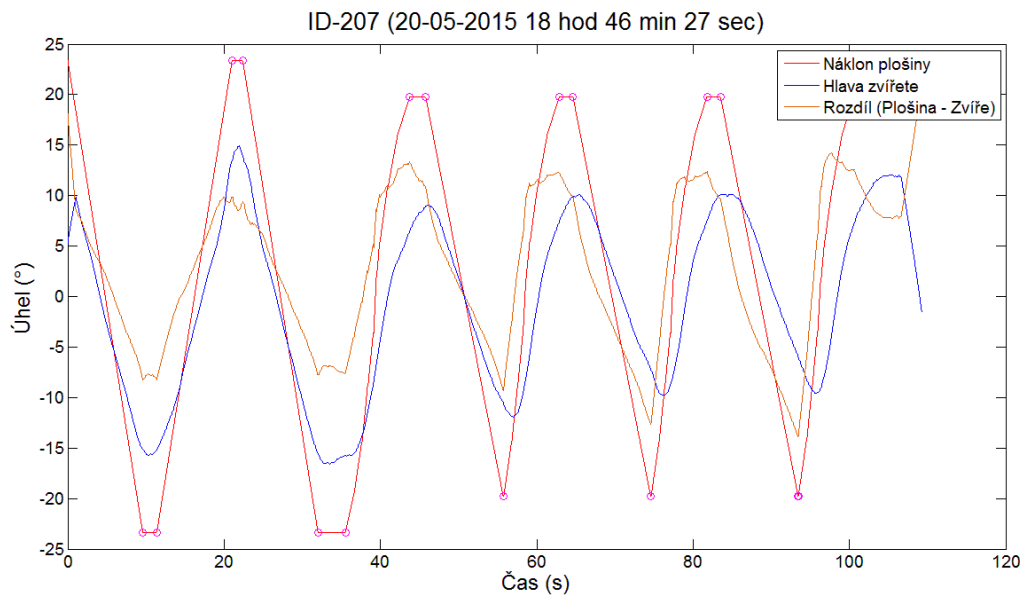
ID-206 (20-05-2015 18 hod 38 min 02 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)	114.99	151.24	146.90	144.30	147.58
delta_2_A (%)	107.45	147.18	147.23	175.34	154.40
ROM_A (%)	23.91	30.91	25.87	37.83	18.41
delta_1_B (%)	-59.64	-85.36	-95.48	-99.68	-117.59
delta_2_B (%)	-48.82	-84.95	-95.02	-99.79	-117.48
ROM_B (%)	42.87	30.97	24.64	23.89	
Max_A (%)	135.75	152.97	152.37	175.34	168.03
Max_B (%)	-43.08	-84.95	-95.02	-99.68	-117.46
t_A (s)	1.73	3.15	2.64	2.65	2.46
t_B (s)	8.26	0.03	0.06	0.03	0.06
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	144.34	94.65	99.14	107.32	117.27
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	144.62	83.92	95.11	103.95	129.70



Graf 15.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo regularis* označenou č. 206

Tabulka 24.: Výsledky pro žábu druhu *Pyxicephalus edulis* označenou č. 207

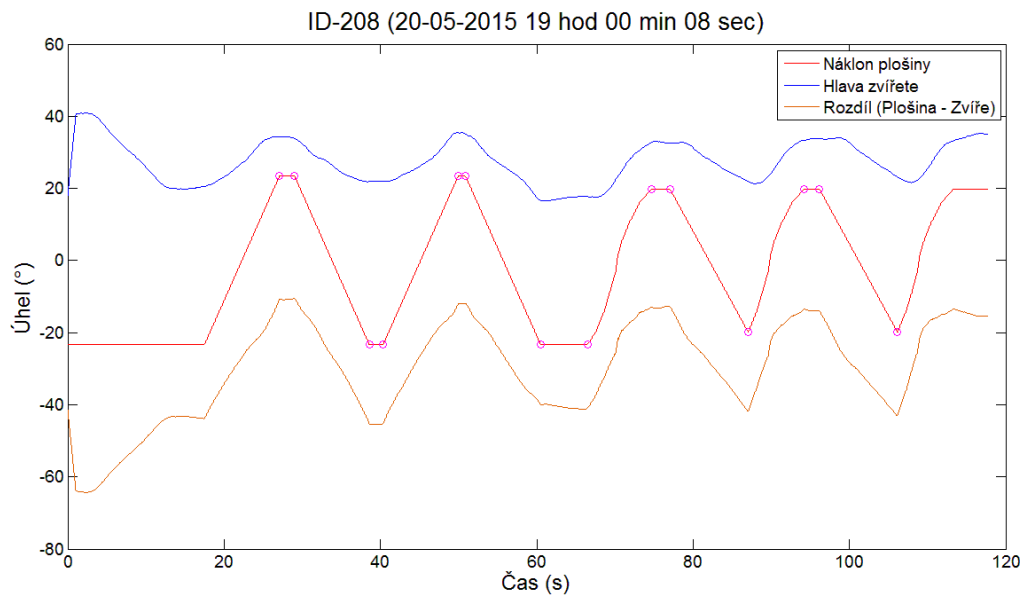
ID-207 (20-05-2015 18 hod 46 min 27 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)		57.41	32.71	37.89	37.62
delta_2_A (%)		59.75	44.94	49.85	50.82
ROM_A (%)		63.14	49.02	43.04	40.39
delta_1_B (%)	64.60	66.52	53.09	36.23	29.95
delta_2_B (%)	64.74	67.38	53.66	36.64	30.30
ROM_B (%)	61.07	51.49	45.78	37.13	
Max_A (%)		63.68	44.94	49.85	50.82
Max_B (%)	67.15	70.85	53.66	36.64	30.30
t_A (s)		1.36	2.01	1.73	1.74
t_B (s)	1.79	3.50	0.05	0.05	0.03
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)		111.01	94.37	92.99	93.97
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)		79.21	71.68	74.30	79.37



Graf 16.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Pyxicephalus edulis* označenou č. 207

Tabulka 24.: Výsledky pro žabu druhu *Pyxicephalus edulis* označenou č. 208

ID-208 (20-05-2015 19 hod 00 min 08 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4
delta_1_A (%)	146.20	151.46	165.07	167.98
delta_2_A (%)	144.87	150.25	164.06	170.74
ROM_A (%)	25.64	39.44	26.38	26.57
delta_1_B (%)	-93.58	-71.37	-111.29	-117.61
delta_2_B (%)	-94.11	-75.66	-110.99	-117.35
ROM_B (%)	28.67	34.67	28.49	
Max_A (%)	146.67	151.56	166.90	170.85
Max_B (%)	-93.58	-70.37	-110.99	-117.35
t_A (s)	1.94	0.94	2.35	1.95
t_B (s)	1.74	5.98	0.05	0.03
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	99.79	100.49	85.94	86.35
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	78.49	75.02	69.28	71.86

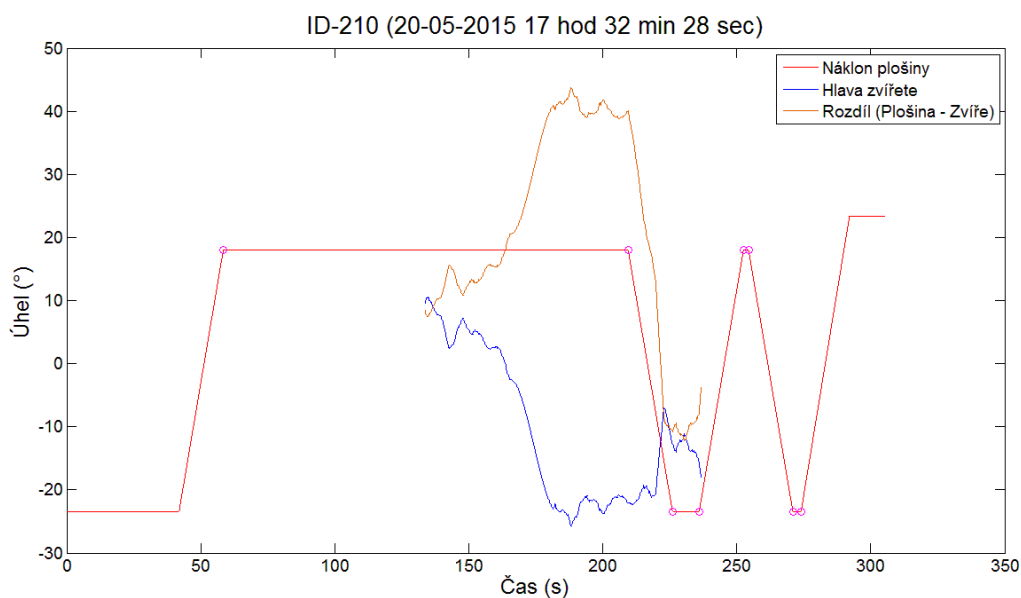


Graf 17.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žabu druhu *Pyxicephalus edulis* označenou č. 208



Tabulka 25.: Výsledky pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 210 – první měření

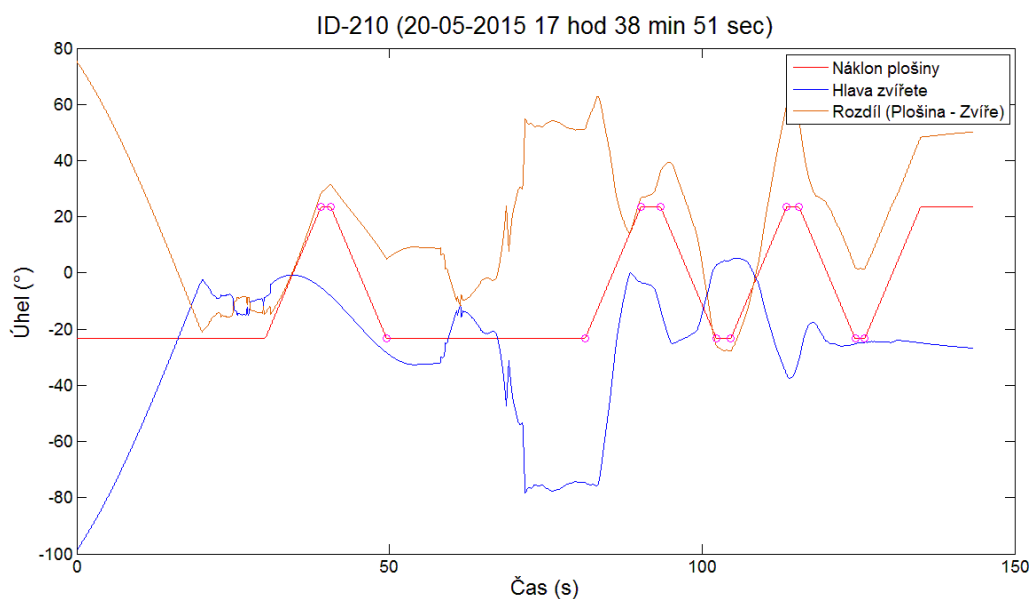
ID-210 (20-05-2015 17 hod 32 min 28 sec)	P_1	P_2
delta_1_A (%)		
delta_2_A (%)	-122.55	
ROM_A (%)	-22.76	
delta_1_B (%)	54.00	
delta_2_B (%)	66.94	
ROM_B (%)		
Max_A (%)	58.53	
Max_B (%)	66.94	
t_A (s)	151.08	1.89
t_B (s)	9.99	3.08
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	140.73	0.00
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	186.35	0.00



Graf 18.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 210 – první měření

Tabulka 26.: Výsledky pro žabu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 210 – druhé měření

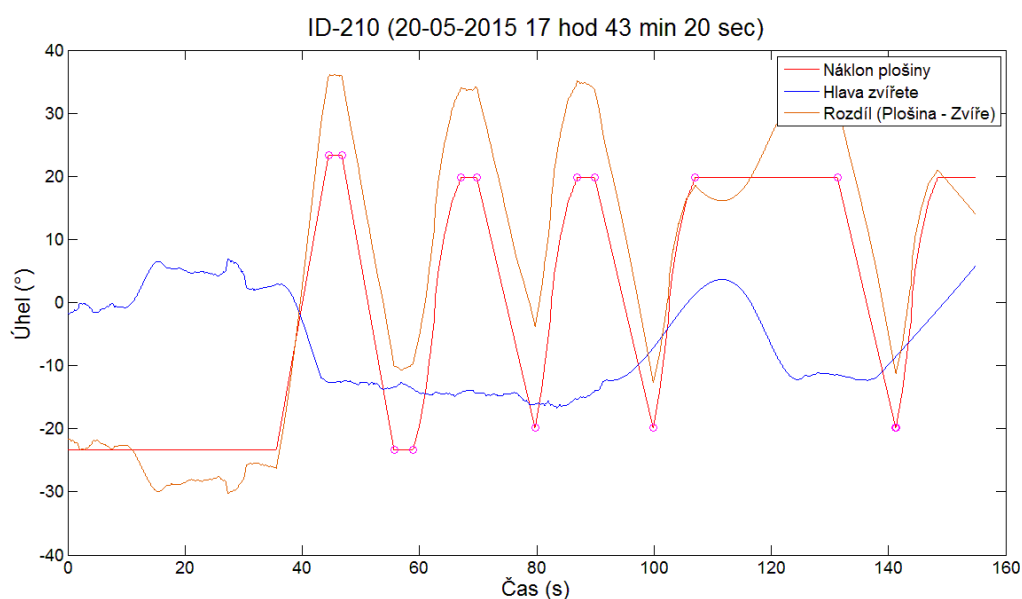
ID-210 (20-05-2015 17 hod 38 min 51 sec)	P_1	P_2	P_3
delta_1_A (%)	-21.72	-13.77	-153.89
delta_2_A (%)	-34.83	-55.38	-130.63
ROM_A (%)	43.15	-33.64	-11.36
delta_1_B (%)	121.13	-11.90	107.90
delta_2_B (%)	318.39	-19.51	105.88
ROM_B (%)	152.31	-86.70	
Max_A (%)	-21.72	-13.77	-130.63
Max_B (%)	334.75	-11.90	107.90
t_A (s)	1.59	3.16	2.03
t_B (s)	31.70	2.27	1.50
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	303.01	145.21	112.44
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	361.66	200.68	121.01



Graf 19.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žabu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 210 – druhé měření

Tabulka 27.: Výsledky pro žabu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 210 – třetí měření

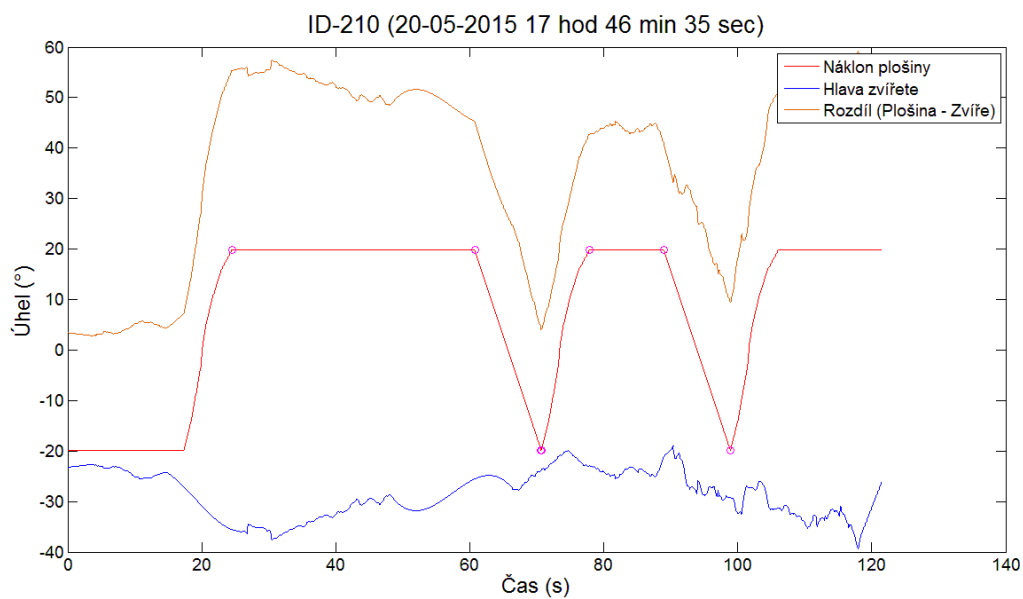
ID-210 (20-05-2015 17 hod 43 min 20 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4
delta_1_A (%)	-53.88	-72.12	-77.22	6.52
delta_2_A (%)	-53.78	-72.55	-70.94	-57.75
ROM_A (%)	1.60	4.40	-17.16	-7.07
delta_1_B (%)	56.98	81.35	36.63	43.61
delta_2_B (%)	58.18	81.17	36.21	43.35
ROM_B (%)	-1.54	1.97	21.36	
Max_A (%)	-53.39	-69.58	-70.94	18.53
Max_B (%)	58.18	81.35	36.63	43.61
t_A (s)	2.25	2.65	2.94	24.25
t_B (s)	3.23	0.03	0.07	0.05
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	94.08	83.03	83.54	101.74
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	95.37	81.87	83.46	106.55



**Graf 20.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 210 – třetí měření

**Tabulka 28.:** Výsledky pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 210 – čtvrté měření

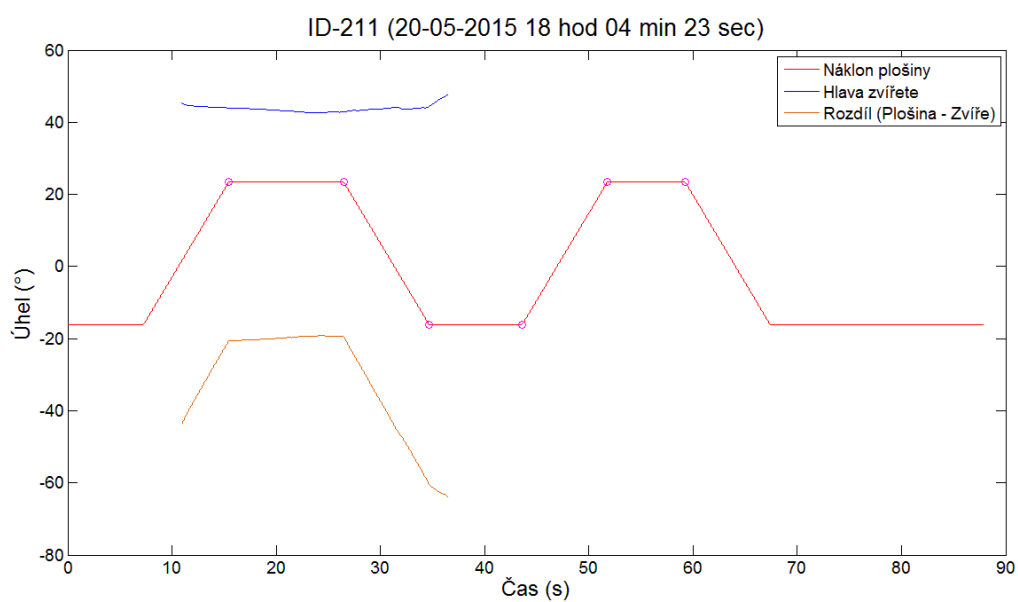
ID-210 (20-05-2015 17 hod 46 min 35 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
delta_1_A (%)		79.25		65.62		
delta_2_A (%)		77.35		79.51		
ROM_A (%)				18.19		
delta_1_B (%)	156.05			-43.14		
delta_2_B (%)	112.48		-80.38			
ROM_B (%)	4.49		-7.38			
Max_A (%)		80.29		79.51		
Max_B (%)	164.20		40.35	38.83		
t_A (s)		2.10	39.75	5.07	3.46	1.70
t_B (s)	29.40	152.88	8.56	6.14	2.77	
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)		0.00	157.39	21.92	0.00	
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		0.00	179.34	31.00	0.00	



**Graf 21.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 210 –čtvrté měření

**Tabulka 29.:** Výsledky pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 211 – první měření

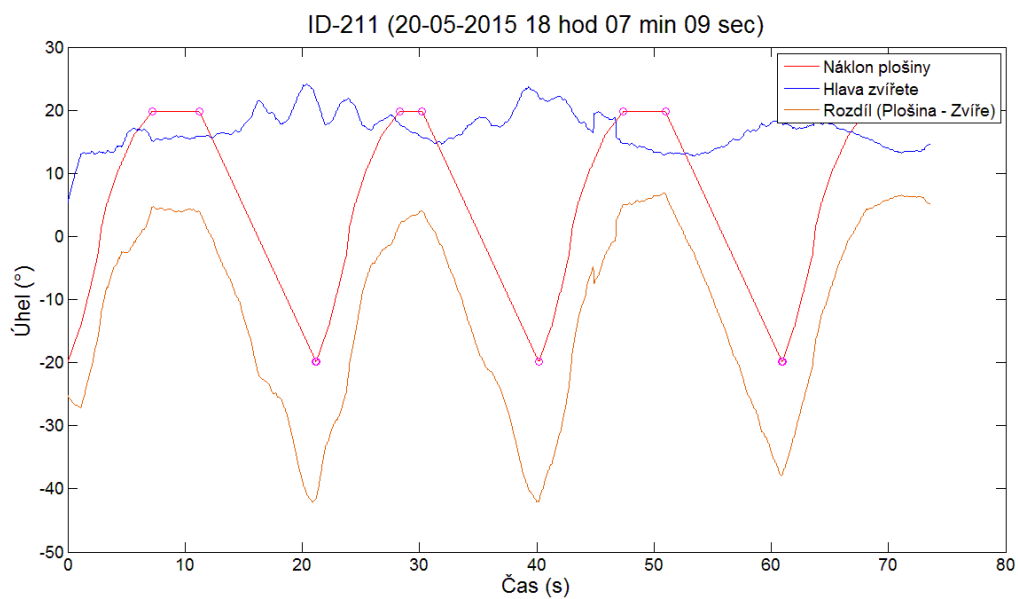
ID-211 (20-05-2015 18 hod 07 min 09 sec)	P_1	P_2	P_3
delta_1_A (%)	76.65	89.71	74.71
delta_2_A (%)	79.87	79.24	65.33
ROM_A (%)	-15.24	-16.41	-12.94
delta_1_B (%)	-110.35	-112.06	-91.22
delta_2_B (%)	-109.39	-111.54	-89.93
ROM_B (%)	-9.84	-18.42	
Max_A (%)	80.52	89.71	74.87
Max_B (%)	-109.39	-111.54	-89.93
t_A (s)	4.03	1.90	3.56
t_B (s)	0.03	0.04	0.06
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	96.81	96.32	88.03
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	109.64	112.84	96.87



**Graf 22.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 211 – první měření

**Tabulka 30.:** Výsledky pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 211 – druhé měření

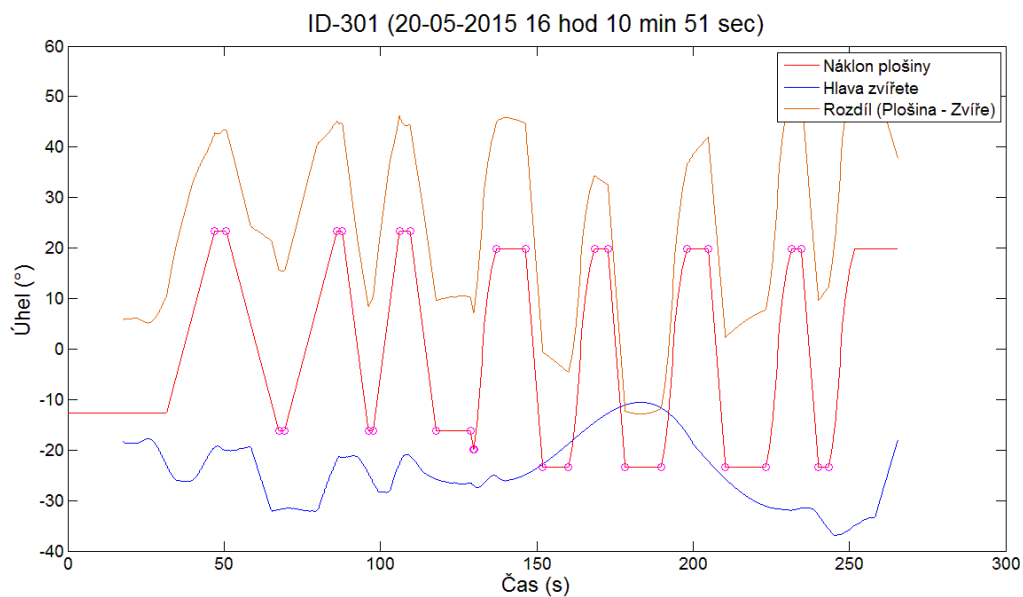
ID-211 (20-05-2015 18 hod 04 min 23 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4
delta_1_A (%)	188.00		-19.50	37.04
delta_2_A (%)	183.06		-19.84	39.60
ROM_A (%)	-3.81		-2.42	2.41
delta_1_B (%)	-273.73		15.00	-34.77
delta_2_B (%)			11.97	-17.15
ROM_B (%)			24.50	-9.99
Max_A (%)	188.00		-19.35	39.60
Max_B (%)	-273.73		15.00	-17.15
t_A (s)	11.03	7.48	1.00	0.77
t_B (s)	8.90		0.86	6.62
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	45.70		96.30	99.20
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	49.56		87.05	104.65



**Graf 23.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Phrynomerus bifasciatus* označenou č. 211 – druhé měření

**Tabulka 31.:** Výsledky pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 301

ID-301	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	P_8
delta_1_A (%)	-83.24	-93.22	-97.15	136.19	97.73	47.48	109.62	140.94
delta_2_A (%)	-85.72	-91.68	-90.15	136.36	80.38	49.69	132.87	152.20
ROM_A (%)	29.51	7.97	11.78	4.69	9.77	-12.06	-1.95	
delta_1_B (%)	195.96	151.91	159.02	-126.98	-73.68	-85.05	-161.28	
delta_2_B (%)	195.07	163.82	163.27	-125.83	-64.53	-111.84	-159.26	
ROM_B (%)	24.72	9.61	14.33	-4.74	-3.85	8.12	3.35	
Max_A (%)	-82.19	-90.86	-89.19	136.36	97.73	49.69	132.87	152.20
Max_B (%)	196.20	163.82	165.01	-125.83	-64.53	-85.05	-159.26	
t_A (s)	3.64	1.63	3.39	0.05	8.27	11.50	12.90	3.25
t_B (s)	1.79	1.50	10.93	9.24	4.25	6.73	3.00	
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

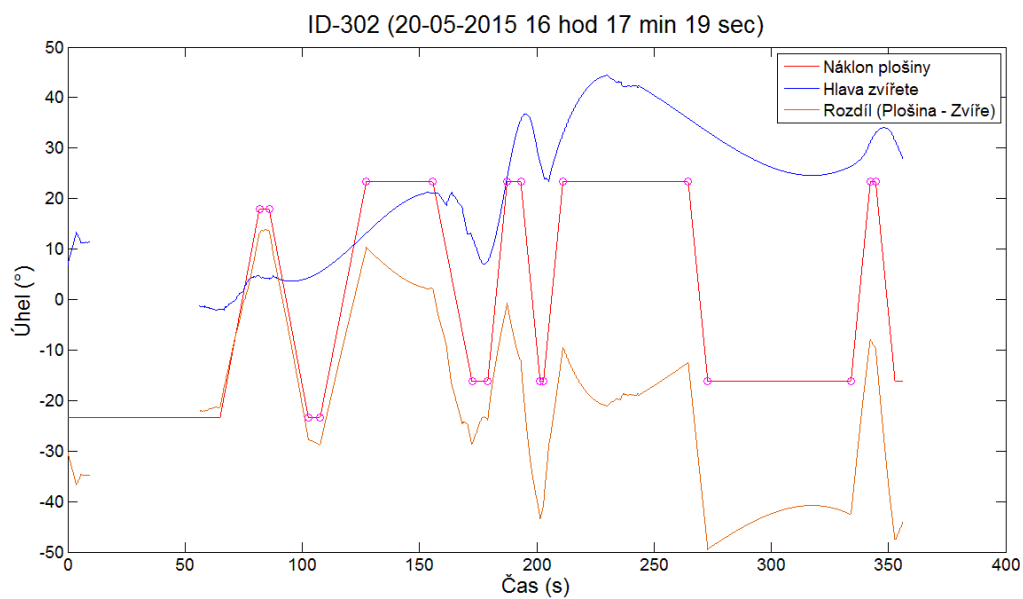


**Graf 24.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 301

**Tabulka 32.:** Výsledky pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 302 – první měření

ID-302 (20-05-2015 16 hod 17 min 19 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)	26.27	56.06	103.37	140.25	133.45
delta_2_A (%)	23.37	90.21	152.05	153.57	140.93
ROM_A (%)	-0.18	21.76	21.14	6.71	
delta_1_B (%)	-18.29	-77.12	-167.94	-205.43	
delta_2_B (%)	-23.23	-47.10	-152.19	-162.88	
ROM_B (%)	16.41	41.81	20.62	12.22	
Max_A (%)	26.27	91.05	152.05	190.24	140.93
Max_B (%)	-18.29	-43.57	-152.19	-151.73	
t_A (s)	4.09	28.28	5.79	53.42	2.26
t_B (s)	5.01	6.67	1.41	61.08	
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	92.70	101.72	97.25	113.70	
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	87.24	89.41	88.96	120.40	

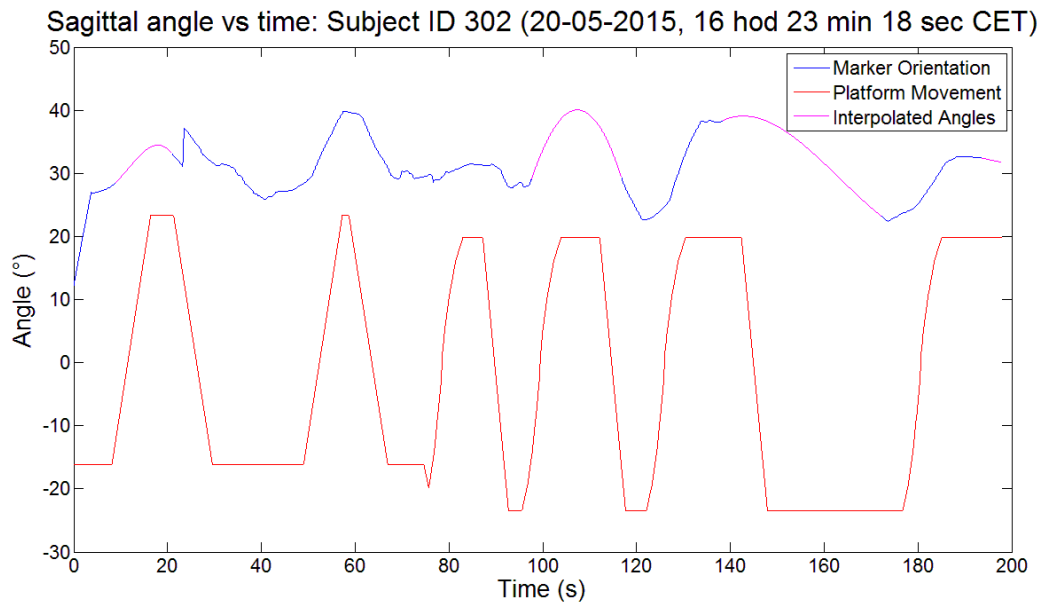




**Graf 25.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 302 – první měření

**Tabulka 33.:** Výsledky pro žábu druhu *Bufo bufo* označenou č. 302 – druhé měření

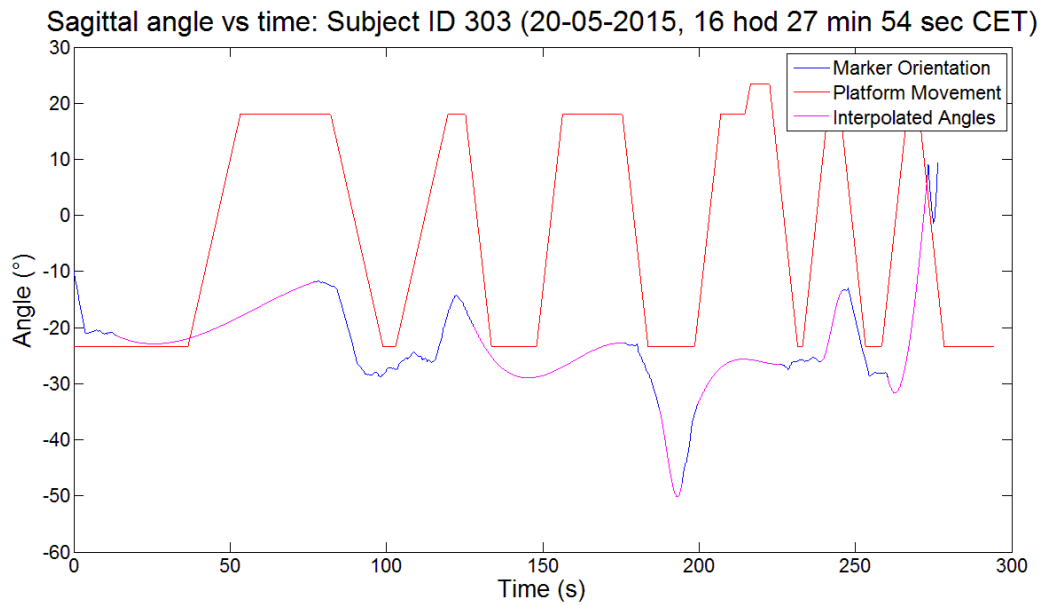
ID_302 (20-05-2015 16 hod 23 min 18 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
delta_1_A (%)	152.01	149.56	-149.86	-124.46	-113.07	
delta_2_A (%)	137.60	169.68	-152.99	-122.48	-108.10	
delta_1_B (%)	-205.68	-196.10	155.34		163.21	
delta_2_B (%)	-185.18	-179.30	157.32			
Max_A (%)	144.83	168.80	-151.72	-117.95	-96.94	
Max_B (%)	-159.50	-180.59	159.34			
t_A (s)	4.76	1.18	0.07	2.70	2.29	
t_B (s)	19.04	7.83	4.44	8.12	12.16	
Délka trajektorie (°)						



Graf 26.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 302 – první měření

Tabulka 34.: Výsledky pro žábu druhu Bufo bufo označenou č. 303

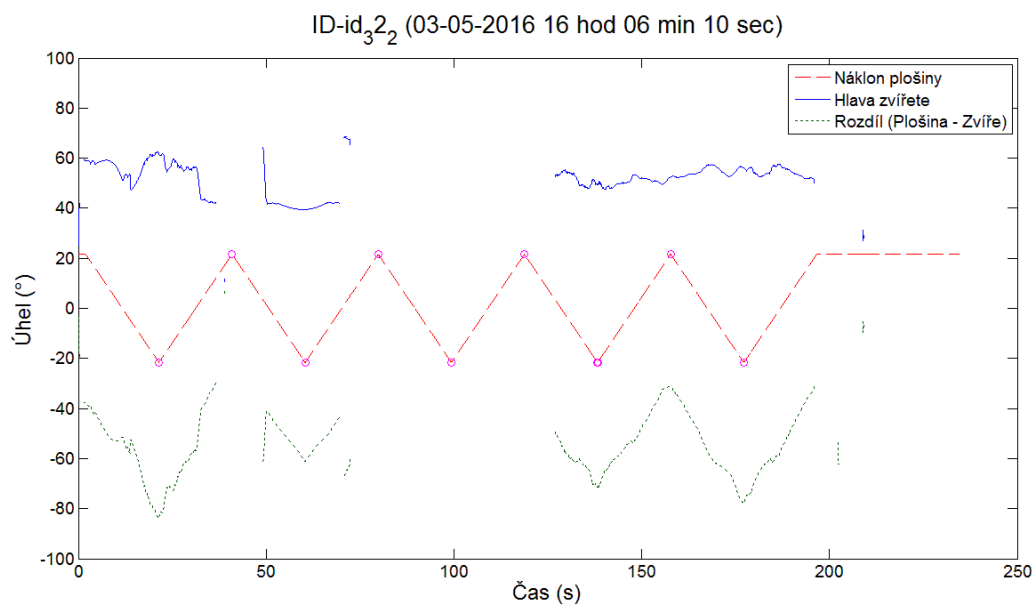
ID_303 (20-05-2015 16 hod 27 min 54 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)	-118.89	-142.09	-153.30	-109.53	-108.10
delta_2_A (%)	-72.06	-115.09	-128.46	-113.21	-58.87
delta_1_B (%)	117.98	106.50	119.07	111.75	109.95
delta_2_B (%)	115.20	123.50	128.13	110.06	119.71
Max_A (%)	-66.37	-80.79	-126.71	-109.53	-48.64
Max_B (%)	117.98	122.47	214.33	111.75	122.49
t_A (s)	28.88	4.53	19.20	5.70	2.23
t_B (s)	3.01	14.43	14.80	1.69	5.08
Délka trajektorie (°)					



Graf 27.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žabu druhu *Bufo bufo* označenou č. 303

Tabulka 35.: Výsledky pro žabu druhu *Phyllobates ditattis* označenou č. 32

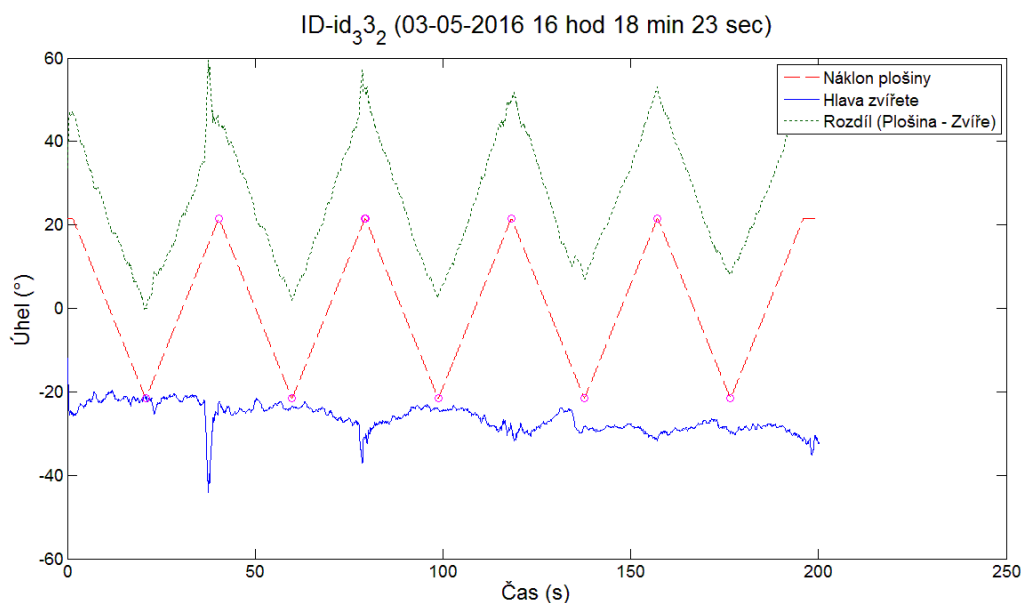
ID-id_32_2 (03-05-2016 16 hod 06 min 10 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)					242.43
delta_2_A (%)					242.43
ROM_A (%)					-8.53
delta_1_B (%)	-285.55	-182.85		-230.62	-259.48
delta_2_B (%)	-285.27	-182.85		-230.60	-259.53
ROM_B (%)				5.91	
Max_A (%)					242.43
Max_B (%)	-285.27	-182.85		-230.60	-259.48
t_A (s)		0.03	0.03	0.03	0.03
t_B (s)	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)		133.83		133.52	112.91
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)		145.04		155.24	131.43



Graf 28.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Phyllobates ditattis* označenou č. 32

Tabulka 36.: Výsledky pro žábu druhu *Epipedobates anthonyi* označenou č. 33

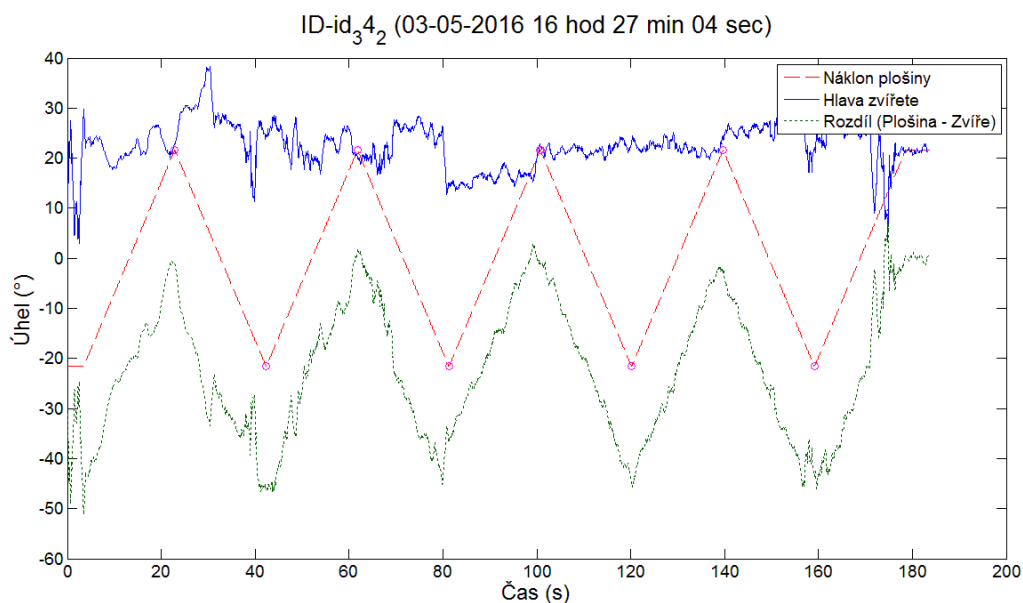
ID-id_33 (03-05-2016 14 hod 51 min 31 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)		-245.72	-217.34	-251.35	-254.05
delta_2_A (%)		-245.85	-217.23	-251.40	-254.09
ROM_A (%)		-12.03	17.51	2.96	2.98
delta_1_B (%)	253.32	221.78	252.25	257.32	260.06
delta_2_B (%)	253.42	221.69	252.45	257.29	260.11
ROM_B (%)	3.85	2.17	0.55	1.62	
Max_A (%)		-245.72	-217.23	-251.35	-254.05
Max_B (%)	253.42	221.78	252.45	257.35	260.11
t_A (s)		0.03	0.04	0.03	0.03
t_B (s)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Délka trajektorie Zvíře a Plosina(°)		108.88	108.65	97.16	90.50
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		119.07	115.87	99.64	89.77



Graf 29.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Epipedobates anthonyi* označenou č. 33

Tabulka 37.: Výsledky pro žábu druhu *Epipedobates anthonyi* označenou č. 34

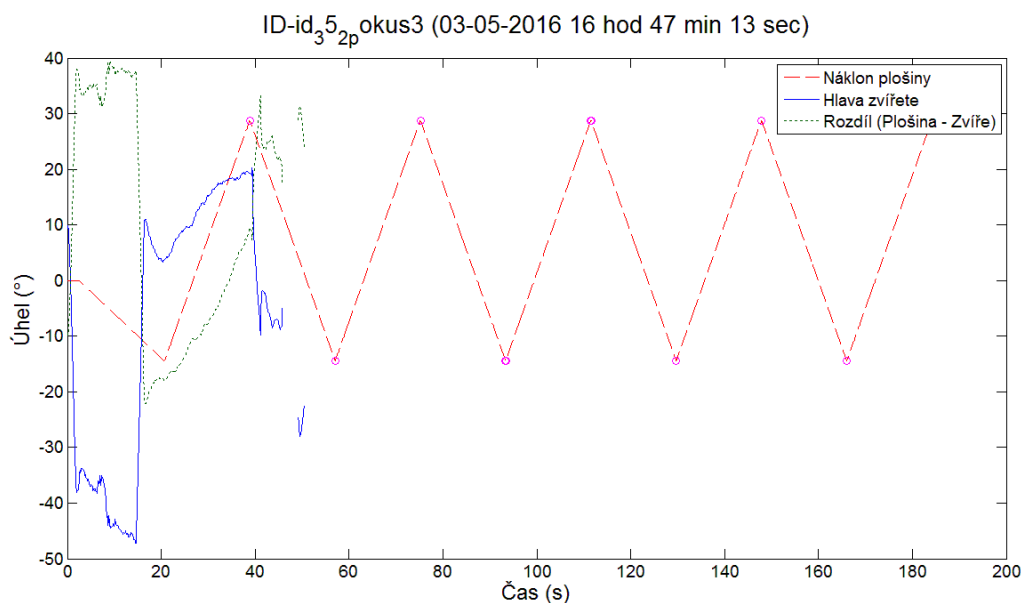
ID-id_34_2 (03-05-2016 16 hod 27 min 04 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4
delta_1_A (%)	105.46	93.28	104.60	112.52
delta_2_A (%)	105.20	92.00	104.48	111.75
ROM_A (%)	-3.97	12.14	-1.58	5.43
delta_1_B (%)	-113.14	-67.71	-107.63	-100.88
delta_2_B (%)	-114.10	-68.18	-107.89	-101.17
ROM_B (%)	-10.41	18.21	2.31	
Max_A (%)	105.46	93.28	104.60	112.52
Max_B (%)	-113.14	-67.06	-107.63	-100.88
t_A (s)	0.03	0.03	0.03	0.03
t_B (s)	0.04	0.03	0.03	0.03
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	316.47	275.24	199.72	359.66
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	429.66	365.17	259.32	486.04



**Graf 30.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Epipedobates anthonyi* označenou č. 34

**Tabulka 38.:** Výsledky pro žábu druhu *Theloderma corticale* označenou č. 35

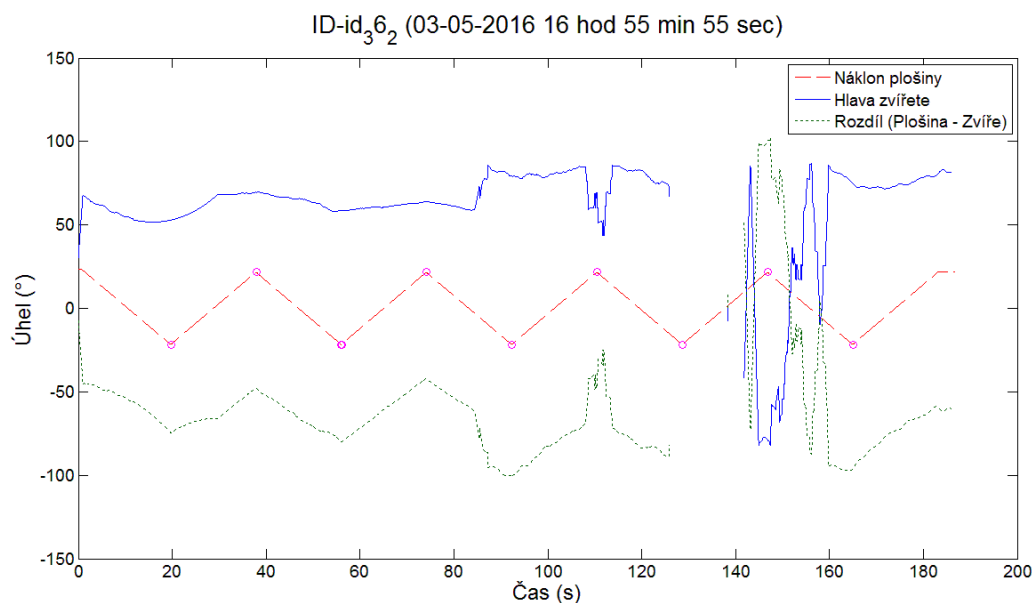
ID-id_35_2_pokus3 (03-05-2016 16 hod 47 min 13 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4
delta_1_A (%)	67.04			
delta_2_A (%)	66.97			
ROM_A (%)				
delta_1_B (%)				
delta_2_B (%)				
ROM_B (%)				
Max_A (%)	67.04			
Max_B (%)				
t_A (s)	0.03	0.03	0.03	0.03
t_B (s)	0.03	0.03	0.03	0.03
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	314.49			
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	407.47			



Graf 31.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Theloderma corticale* označenou č. 35

Tabulka 39.: Výsledky pro žábu druhu *Theloderma corticale* označenou č. 36 – první měření

ID-id_36_2 (03-05-2016 16 hod 55 min 55 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)		322.20	295.74	287.52	-365.93
delta_2_A (%)		322.31	295.96	278.29	-366.45
ROM_A (%)		25.61	-36.19		-357.00
delta_1_B (%)	-244.75	-271.10	-368.34		-347.54
delta_2_B (%)	-244.87	-271.15	-368.00		-346.90
ROM_B (%)	38.66	12.30	-40.24		
Max_A (%)		322.31	295.96	287.52	-365.93
Max_B (%)	-244.75	-271.10	-368.00		-346.90
t_A (s)		0.03	0.03	0.05	0.03
t_B (s)	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)		98.30	200.56	790.63	590.20
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		92.04	244.34	1079.96	797.08



**Graf 32.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Theloderma corticale* označenou č. 36 – první měření**

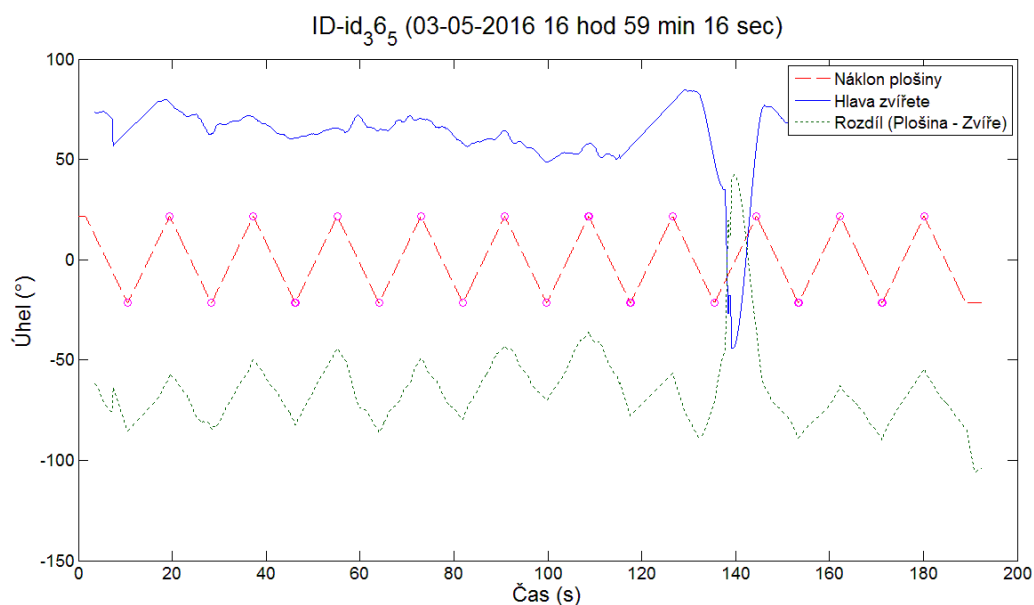
**Tabulka 40.: Výsledky pro žábu druhu *Theloderma corticale* označenou č. 36 pro periody 1-6 – druhé měření**

ID-id_36_5 (03-05-2016 16 hod 59 min 16 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
delta_1_A (%)		365.05	330.36	303.33	326.63	298.09
delta_2_A (%)		364.70	330.26	303.32	326.60	298.00
ROM_A (%)		37.00	24.56	2.43	28.99	35.98
delta_1_B (%)	-295.43	-290.71	-281.15	-298.47	-268.61	-226.04
delta_2_B (%)	-295.86	-291.23	-281.25	-298.63	-268.39	-225.97
ROM_B (%)	34.60	19.56	11.04	14.00	14.85	20.67
Max_A (%)		365.05	330.36	303.33	326.63	298.09
Max_B (%)	-295.43	-290.71	-281.15	-298.47	-268.39	-225.97
t_A (s)		0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
t_B (s)	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)		96.16	89.98	96.15	93.96	94.26
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		81.99	76.76	93.55	81.07	77.17



Tabulka 41.: Výsledky pro žabu druhu *Theloderma corticale* označenou č. 36 pro periody 7-10 –druhé měření

ID-id_36_5 (03-05-2016 16 hod 59 min 16 sec)	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11
delta_1_A (%)	267.31	362.21	263.05	391.51	351.44
delta_2_A (%)	267.31	362.56	267.79	391.42	351.54
ROM_A (%)	3.90	66.70	-22.14	37.96	
delta_1_B (%)	-259.51	-229.16	-312.06	-315.50	
delta_2_B (%)	-259.97	-227.60	-312.32	-315.10	
ROM_B (%)	51.12	17.72	39.59	18.17	
Max_A (%)	267.31	362.56	267.79	391.51	351.54
Max_B (%)	-259.51	-227.60	-312.06	-315.10	
t_A (s)	0.03	0.03	0.05	0.03	0.03
t_B (s)	0.04	0.03	0.05	0.04	
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	99.08	291.41	107.40	92.36	
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	84.72	372.93	98.91	72.60	



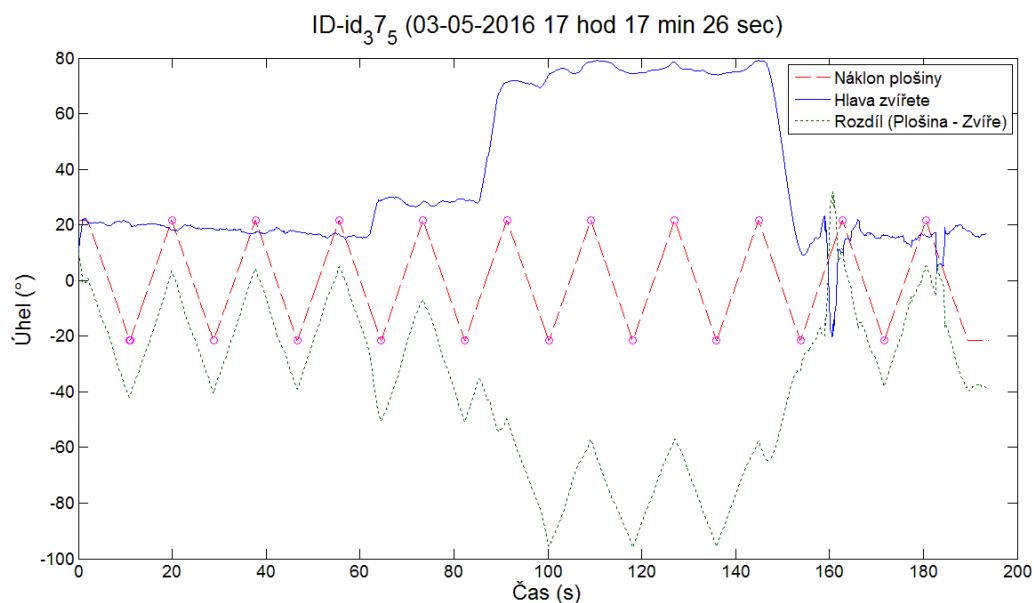
Graf 33.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žabu druhu *Theloderma corticale* označenou č. 36 – druhé měření

Tabulka 42.: Výsledky pro žábu druhu *Hyperolius mitchelli* označenou č. 37 pro periody 1-5

ID-id_37_5 (03-05-2016 17 hod 17 min 26 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)		84.21	80.10	77.00	131.26
delta_2_A (%)		83.89	80.42	76.80	131.54
ROM_A (%)		-1.77	-0.03	-28.44	-1.86
delta_1_B (%)	-94.90	-87.43	-80.49	-133.69	-135.26
delta_2_B (%)	-94.45	-87.45	-80.64	-133.63	-134.88
ROM_B (%)	-5.12	-3.68	-1.82	-1.18	97.62
Max_A (%)		84.21	80.42	77.00	131.54
Max_B (%)	-94.45	-87.43	-80.49	-133.63	-134.88
t_A (s)		0.03	0.04	0.03	0.05
t_B (s)	0.04	0.03	0.03	0.06	0.04
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)		90.16	90.54	95.55	113.80
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)		92.77	92.07	105.64	112.57

Tabulka 43.: Výsledky pro žábu druhu *Hyperolius mitchelli* označenou č. 37 pro periody 6-10

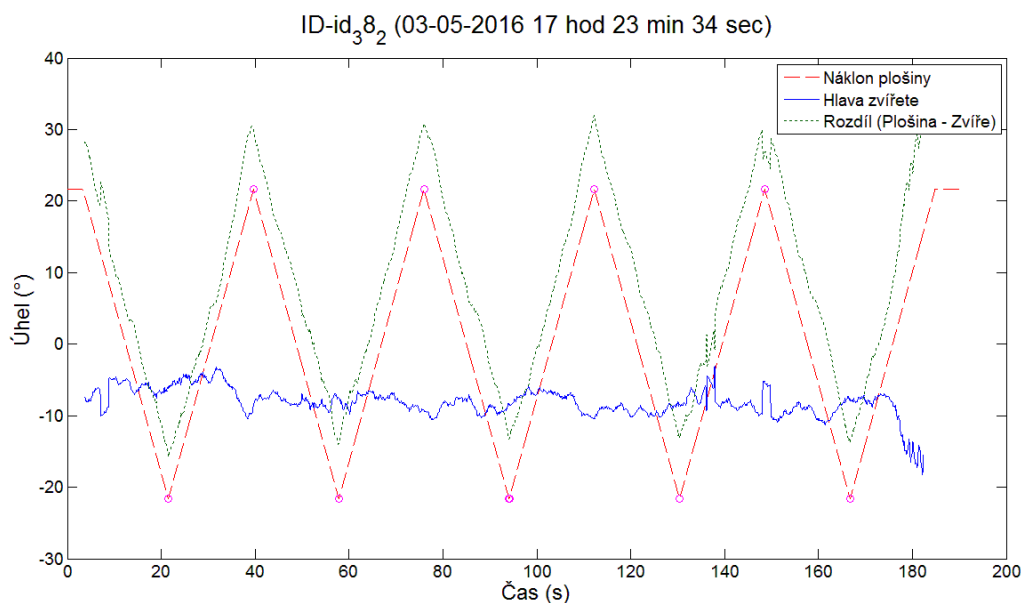
ID-id_37_5 (03-05-2016 17 hod 17 min 26 sec)	P_6	P_7	P_8	P_9	P_10
delta_1_A (%)	330.12	363.31	363.72	366.16	47.12
delta_2_A (%)	330.12	363.36	363.62	366.17	46.45
ROM_A (%)	-6.26	9.54	10.38	158.45	-14.88
delta_1_B (%)	-342.65	-344.27	-342.85	-49.27	-76.22
delta_2_B (%)	-343.21	-344.24	-342.85	-48.73	-75.91
ROM_B (%)	10.05	9.74	11.65	-0.80	-0.51
Max_A (%)	330.14	363.36	363.72	366.17	47.12
Max_B (%)	-342.65	-344.24	-342.85	-48.73	-75.91
t_A (s)	0.03	0.03	0.03	0.03	0.05
t_B (s)	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	89.69	87.82	88.07	213.87	107.85
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	88.38	79.99	79.26	247.57	120.58



Graf 34.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Hyperolius mitchelli* označenou č. 37

Tabulka 44.: Výsledky pro žábu druhu *Hyperolius mitchelli* označenou č. 38

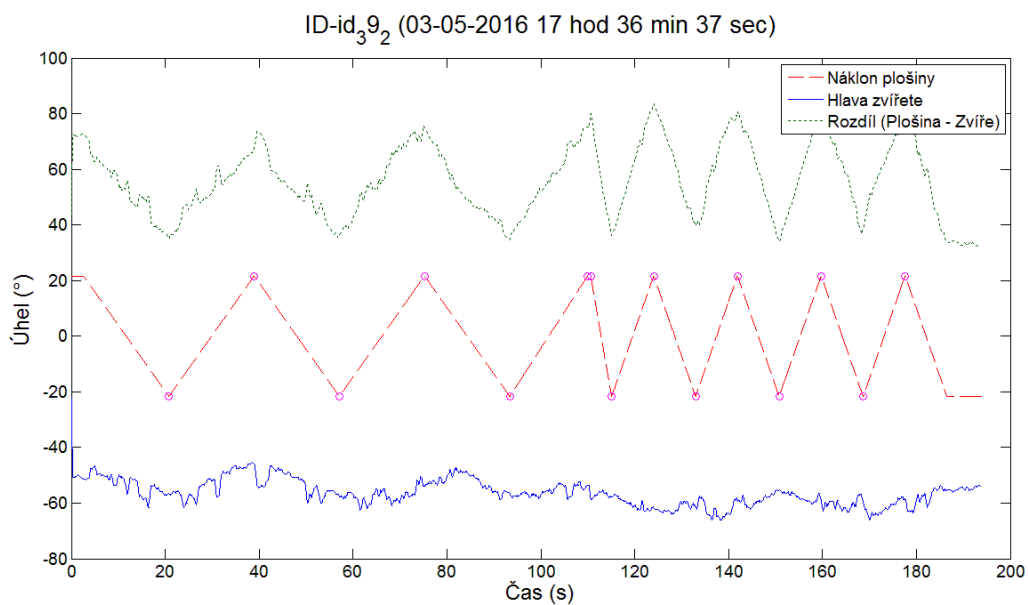
ID-id <sub>38</sub> _2 (03-05-2016 17 hod 23 min 34 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)		-39.68	-42.52	-48.00	-24.57
delta_2_A (%)		-39.32	-42.76	-48.24	-24.72
ROM_A (%)		-1.88	-2.06	-4.53	5.79
delta_1_B (%)	27.87	35.56	38.63	39.17	36.29
delta_2_B (%)	28.23	35.44	38.85	39.11	36.51
ROM_B (%)	-5.72	-3.54	-4.57	7.27	
Max_A (%)		-39.32	-42.52	-48.00	-24.57
Max_B (%)	28.23	35.56	38.85	39.17	36.51
t_A (s)		0.03	0.05	0.03	0.03
t_B (s)	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)		111.67	107.16	126.74	134.26
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		124.96	117.93	147.25	160.59



Graf 35.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Hyperolius mitchelli* označenou č. 38

Tabulka 44.: Výsledky pro žábu druhu *Trachycephalus resiniflatrix* označenou č. 39

ID-id_39_2 (03-05-2016 17 hod 36 min 37 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)		-212.72	-249.34	-248.92	-285.71
delta_2_A (%)		-214.35	-249.20	-270.85	-286.07
ROM_A (%)		25.10	5.53	-1.49	-0.49
delta_1_B (%)	262.13	264.54	260.27	267.87	285.09
delta_2_B (%)	261.84	265.56	260.50	268.15	284.81
ROM_B (%)	24.56	8.11	5.79	-8.78	6.68
Max_A (%)		-212.72	-249.20	-246.86	-285.71
Max_B (%)	262.13	265.56	260.50	268.15	285.31
t_A (s)		0.06	0.05	0.70	0.03
t_B (s)	0.04	0.03	0.03	0.03	0.05
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)		186.32	151.63	107.09	118.14
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)		233.92	180.86	117.87	132.68



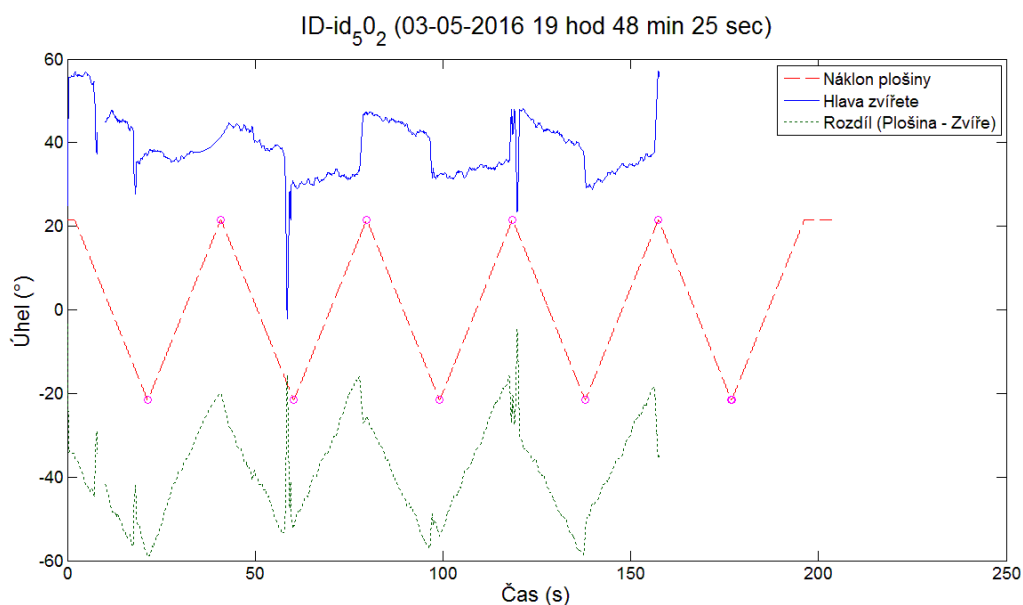
**Graf 36.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Hyperolius mitchelli* označenou č. 39

**Tabulka 45.:** Výsledky pro žábu druhu *Caloula pulchra* označenou č. 50 periody 1-5

ID-id_50_5 (03-05-2016 19 hod 54 min 15 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5
delta_1_A (%)					
delta_2_A (%)					
ROM_A (%)					
delta_1_B (%)					
delta_2_B (%)					
ROM_B (%)					
Max_A (%)					
Max_B (%)					
t_A (s)		0.05	0.05	0.05	0.04
t_B (s)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)					
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)					

Tabulka 46.: Výsledky pro žábu druhu *Caloula pulchra* označenou č. 50 periody 7-11

ID-id_50_5 (03-05-2016 19 hod 54 min 15 sec)	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11
delta_1_A (%)		377.2	371.98	368.37	315.16
delta_2_A (%)		377.31	372.01	368.53	314.67
ROM_A (%)		4.38	5.87	195.6	
delta_1_B (%)	-374.79	-368.56	-360.28	22.67	
delta_2_B (%)	-375.03	-368.69	-360.56	4.61	
ROM_B (%)	1.08	1.64	3.9	159.88	
Max_A (%)		377.31	372.01	368.53	315.16
Max_B (%)	-374.79	-368.56	-360.28	22.67	
t_A (s)	0.03	0.05	0.04	0.05	0.03
t_B (s)	0.04	0.04	0.04	0.04	13.16
Délka trajektorie Zvíře a Plošina(°)	90.3289	89.37985	91.17783	1677.095	
Délka trajektorie Zvíře a Diference(°)	89.89823	87.48048	89.1117	2349.854	



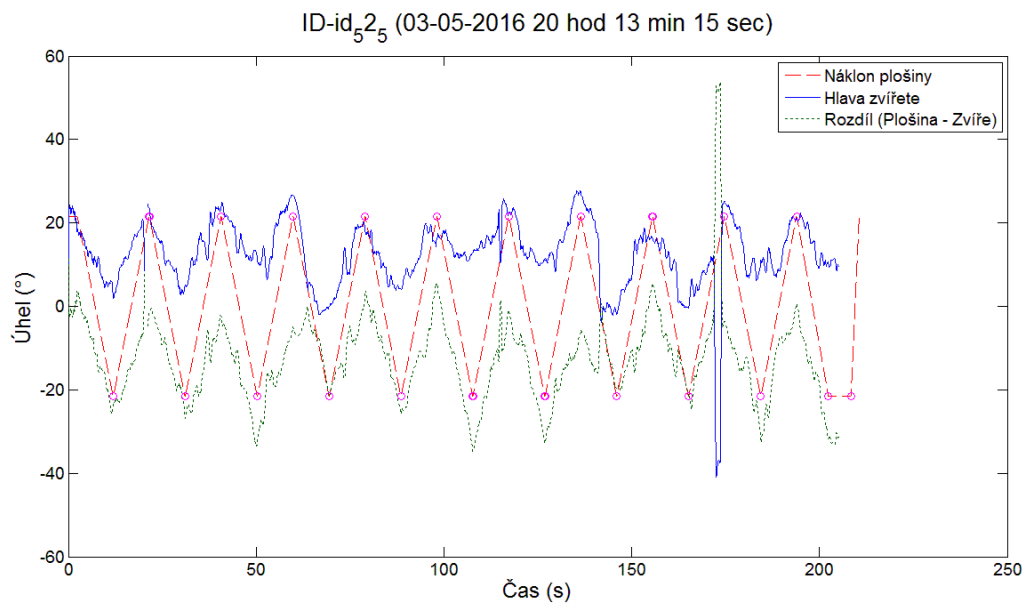
Graf 37.: Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Caloula pulchra* označenou č. 50

Tabulka 47.: Výsledky pro žábu druhu *Rana erythraea* označenou č. 52 periody 1-6

ID-id_52_5 (03-05-2016 20 hod 13 min 15 sec)	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
delta_1_A (%)		108.57	109.38	123.33	86.41	74.93
delta_2_A (%)		107.96	110.37	123.15	83.54	75.76
ROM_A (%)		42.35	27.84	62.06	32.09	7.75
delta_1_B (%)	-10.93	-23.26	-54.68	0.97	-19.35	-60.27
delta_2_B (%)	-9.85	-23.94	-52.25	0.13	-19.34	-60.55
ROM_B (%)	49.36	42.72	35.54	43.27	27.79	21.52
Max_A (%)		108.57	110.37	123.33	86.41	75.76
Max_B (%)	-9.85	-23.26	-52.25	0.97	-19.34	-60.27
t_A (s)		0.04	0.03	0.05	0.04	0.03
t_B (s)	0.04	0.06	0.06	0.07	0.03	0.03
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)		132.3134	129.4593	128.8077	121.676	137.4696
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)		142.0035	137.4778	129.6716	126.1349	157.1161

Tabulka 48.: Výsledky pro žábu druhu *Rana erythraea* označenou č. 52 periody 7-10

ID-id_52_5 (03-05-2016 20 hod 13 min 15 sec)	P_7	P_8	P_9	P_10	P_11
delta_1_A (%)	103.59	127.24	75.57	116.42	97.45
delta_2_A (%)	103.61	126.57	74.17	116.61	98.14
ROM_A (%)	26.06	67.59	37.87	32.82	25.57
delta_1_B (%)	-51.5	8.6	1.57	-50.97	-47
delta_2_B (%)	-51.76	8.31	1.63	-50.99	
ROM_B (%)	37.74	41.94	59.03	23.23	
Max_A (%)	103.85	127.24	75.57	116.61	98.14
Max_B (%)	-51.5	8.65	1.63	-50.97	-39.8
t_A (s)	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03
t_B (s)	0.03	0.05	0.05	0.03	5.97
Délka trajektorie Zvire a Plosina(°)	118.816 9	141.754 4	237.471 7	125.782 8	100.630 7
Délka trajektorie Zvire a Diference(°)	122.693 8	152.923 7	293.616 1	136.042 6	109.163 4



**Graf 38.:** Graf závislosti pohybu hlavy a pohybu plošiny na čase pro žábu druhu *Rana erythraea* označenou č. 52



Příloha č. 2 Přehled statistického zpracování porovnání period pro druh Bufo bufo:

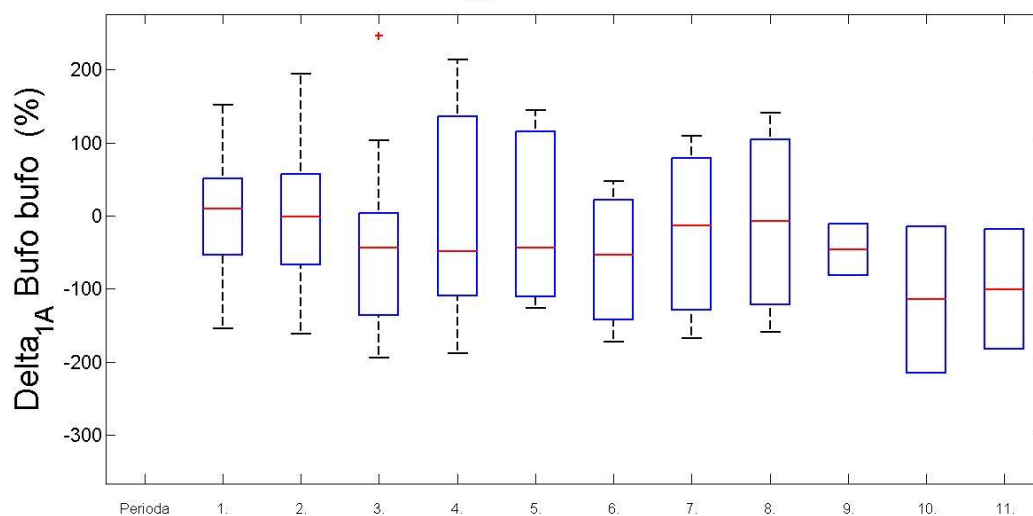
Tabulka 49.: Výsledky pro parametr delta\_1A pro měřený druh Bufo bufo

	Perioda									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
ID-4		-161.69	-194.57	-189	-126.54	-172.09	-167.85	-159.36	-81.5	-215
ID-5		2.49	-41.88	-43.36	-45.54	-53.75	-13.15	-7.62	-11.45	-14.76
ID-301	53.68	57.5								
ID-302	-83.24	-93.22	-97.15	136.19	97.73	47.48	109.62	140.94		
ID-302	26.27	56.06	103.37	140.25	133.45					
ID-303	152.01	149.56	-149.86	-124.46	-113.07					
ID-124	-118.89	-142.09	-153.3	-109.53	-108.1					
ID-123	-154.97	-128.47	-75.95	-98.5						
ID-122	-43.22	-40.1								
ID-120	53.68	57.5								
ID-118	9.3	-4.08	7.62	-53.73						
ID-118	49.6	52.71								
ID-115										
ID-115	20.33	8.52	-7.64							
ID-114	-24.8	-7.63	-44.11	-44.08	-42.73					
ID-102	-24.29	-26.82								

Tabulka 50.: Statistické porovnání period pro parametr delta 1A Bufo bufo

	Statistické porovnání period									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
p1	1.000	1.000	0.365	0.695	0.945	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
p2	1.000	1.000	0.577	1.000	0.742	0.250	0.250	0.500	1.000	0.500
p3	0.365	0.577	1.000	0.770	0.195	0.750	1.000	1.000	0.500	1.000
p4	0.695	1.000	0.770	1.000	1.000	0.750	1.000	1.000	0.500	1.000
p5	0.945	0.742	0.195	1.000	1.000	0.250	0.500	1.000	0.500	1.000
p6	1.000	0.250	0.750	0.750	0.250	1.000	0.250	0.250	0.500	1.000
p7	1.000	0.250	1.000	1.000	0.500	0.250	1.000	0.250	0.500	0.500
p8	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.250	0.250	1.000	1.000	0.500
p9	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	0.500
p10	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000

Boxplot Delta<sub>1A</sub> Bufo bufo pro rychlost 5°/s

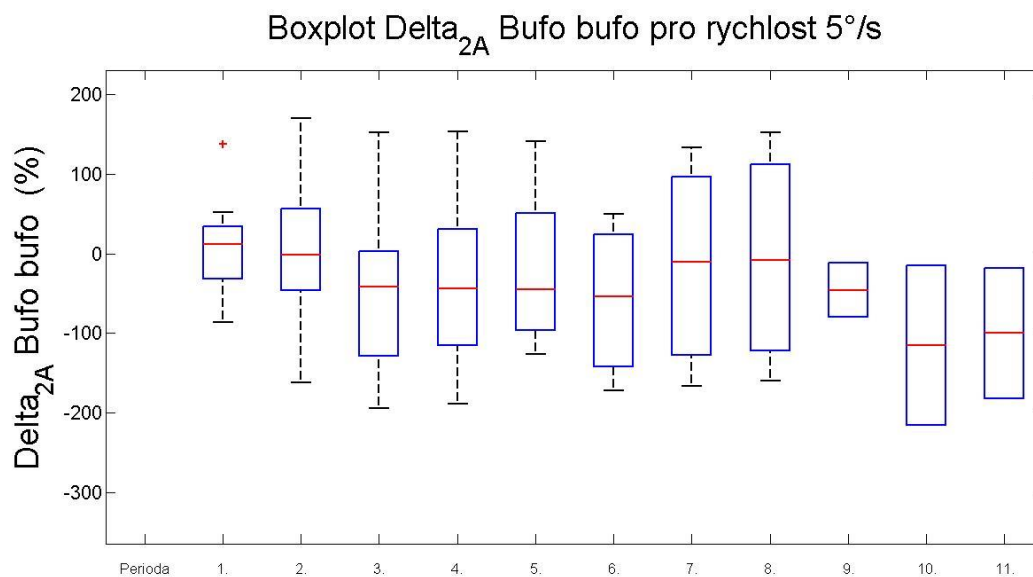


Tabulka 51.: Výsledky pro parametr delta\_2A pro měřený druh Bufo bufo

		Perioda									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Identifikační číslo jedince	ID-4		-161.5	-194.61	-188.89	-126.5	-171.97	-166.26	-159.58	-79.7	-214.91
	ID-5		2.73	-41.18	-43.76	-45.51	-53.62	-10.98	-8.41	-12.09	-14.77
	ID-301	-31.21	-12.56	3.22	-5.02						
	ID-302	-85.72	-91.68	-90.15	136.36	80.38	49.69	132.87	152.2		
	ID-302	23.37	90.21	152.05	153.57	140.93					
	ID-303	137.6	169.68	-152.99	-122.48	-108.1					
	ID-124	-72.06	-115.09	-128.46	-113.21	-58.87					
	ID-123	-33.86	-46.69								
	ID-122	51.89	56.83								
	ID-120	11.67	19.49	7.83	-54.2						
	ID-118	42.2	60.28								
	ID-118	30.74									
	ID-115	29.86	9.51	-3.71							
	ID-115	-2.18	-6.62	-41.42	-40.09	-38.6					
	ID-114	-13.32	-22.62								
ID-102		16.24	10.82	21.83	18.69						

Tabulka 52.: Statistické porovnání period pro parametr delta 2A Bufo bufo

		Statistické porovnání period									
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10	
p1	1.000	0.893	0.131	0.250	0.578	1.000	1.000	0.750	1.000	1.000	
p2	0.893	1.000	0.432	0.652	0.938	1.000	1.000	0.750	1.000	0.500	
p3	0.131	0.432	1.000	0.910	0.375	0.500	0.250	0.250	0.500	1.000	
p4	0.250	0.652	0.910	1.000	0.375	0.500	0.250	0.250	0.500	1.000	
p5	0.578	0.938	0.375	0.375	1.000	0.250	0.750	0.500	0.500	1.000	
p6	1.000	1.000	0.500	0.500	0.250	1.000	0.250	0.250	0.500	1.000	
p7	1.000	1.000	0.250	0.250	0.750	0.250	1.000	0.250	1.000	0.500	
p8	0.750	0.750	0.250	0.250	0.500	0.250	0.250	1.000	1.000	0.500	
p9	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500	
p10	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000	



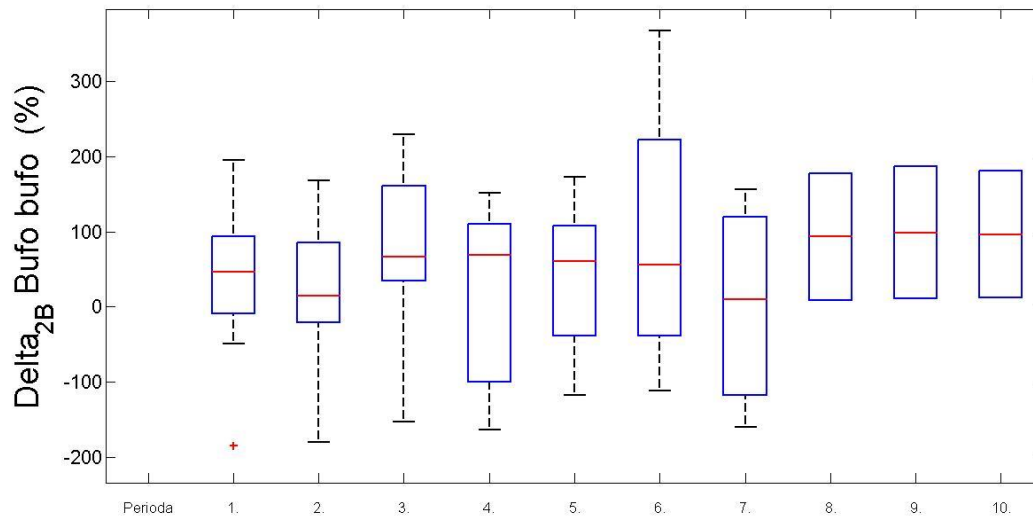
Tabulka 53.: Výsledky pro parametr delta\_1B pro měřený druh Bufo bufo

		Perioda									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Identifikační číslo jedince	ID-4	176.18	168.38	169.76	151.85	172.87	366.63	156.4	176.99	186.94	180.59
	ID-5	-9.46	-2.3	39.68	38.45	37.94	34.6	9.67	9.2	10.47	11.87
	ID-301	-8.16									
	ID-302	195.96	151.91	159.02	-126.98	-73.68	-85.05	-161.28			
	ID-302	-18.29	-77.12	-167.94	-205.43						
	ID-303	-205.68	-196.1	155.34		163.21					
	ID-124	117.98	106.5	119.07	111.75	109.95					
	ID-123	10.21	24.74								
	ID-122	52.34	17.03	83.23	60.15	58.13	51.43				
	ID-120	51.15	18.6	81.63	82.79	61.06	76.39				
	ID-118	0.9	-28.16								
	ID-118	67.56	14.68	17.57	59.97						
	ID-115	5.6	-44.03								
	ID-115	-10.73									
	ID-114	9.35	13.93								
ID-102	124.94	102.71	233.2	139.63							

Tabulka 54.: Statistické porovnání period pro parametr delta\_1B Bufo bufo

		Statistické porovnání period									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
<b>p1</b>		1.000	0.121	0.733	0.846	0.938	0.875	0.500	0.500	0.500	0.500
<b>p2</b>		0.121	1.000	0.176	0.846	0.813	0.875	0.500	0.500	0.500	0.500
<b>p3</b>		0.733	0.176	1.000	0.492	0.813	1.000	0.250	1.000	1.000	1.000
<b>p4</b>		0.846	0.846	0.492	1.000	0.469	0.250	0.500	1.000	1.000	1.000
<b>p5</b>		0.938	0.813	0.813	0.469	1.000	0.875	0.250	1.000	1.000	1.000
<b>p6</b>		0.875	0.875	1.000	0.250	0.875	1.000	0.250	0.500	0.500	0.500
<b>p7</b>		0.500	0.500	0.250	0.500	0.250	0.250	1.000	1.000	0.500	0.500
<b>p8</b>		0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	0.500	0.500
<b>p9</b>		0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000
<b>p10</b>		0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000

Boxplot Delta<sub>2B</sub> Bufo bufo pro rychlost 5°/s

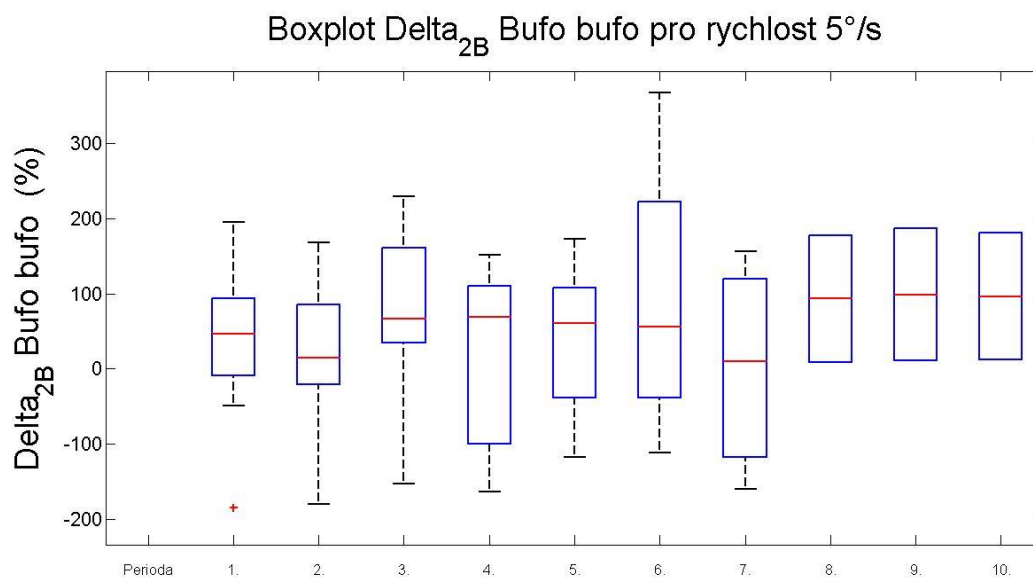


Tabulka 55.: Výsledky pro parametr delta\_2B pro měřený druh Bufo bufo

		Perioda									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Identifikační číslo jedince	ID-4	175.89	167.91	169.75	151.68	172.97	367.42	156.4	177.41	186.7	180.8
	ID-5	-9.5	-0.26	39.5	38.11	38.13	34.5	9.69	8.7	10.8	11.83
	ID-301	195.07	163.82	163.27	-125.83	-64.53	-111.84	-159.26			
	ID-302	-23.23	-47.1	-152.19	-162.88						
	ID-302	-185.18	-179.3	157.32							
	ID-303	115.2	123.5	128.13	110.06	119.71					
	ID-124	65.8	61.34	34.35	88.77	71.05					
	ID-123	-48.82	-84.95	-95.02	-99.79	-117.48					
	ID-122	41.59	10.5	34.06							
	ID-120	51.15	18.6	81.63	82.79	61.06	76.39				
	ID-118	32.38	-3.29								
	ID-118	71.5	9.14	51.51	53.97						
	ID-115	7.74	-39.29								
	ID-115		40.6								
	ID-114	122.31	109.38	229.6	141.37						
ID-102	58.35	50.1									

Tabulka 56.: Statistické porovnání period pro parametr delta<sub>2B</sub> Bufo bufo

		Statistické porovnání period									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
p1		1.00	0.12	0.73	0.85	0.94	0.88	0.50	0.50	0.50	0.50
p2		0.12	1.00	0.18	0.85	0.81	0.88	0.50	0.50	0.50	0.50
p3		0.73	0.18	1.00	0.49	0.81	1.00	0.25	1.00	1.00	1.00
p4		0.85	0.85	0.49	1.00	0.47	0.25	0.50	1.00	1.00	1.00
p5		0.94	0.81	0.81	0.47	1.00	0.88	0.25	1.00	1.00	1.00
p6		0.88	0.88	1.00	0.25	0.88	1.00	0.25	0.50	0.50	0.50
p7		0.50	0.50	0.25	0.50	0.25	0.25	1.00	1.00	0.50	0.50
p8		0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	0.50	0.50
p9		0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00
p10		0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00



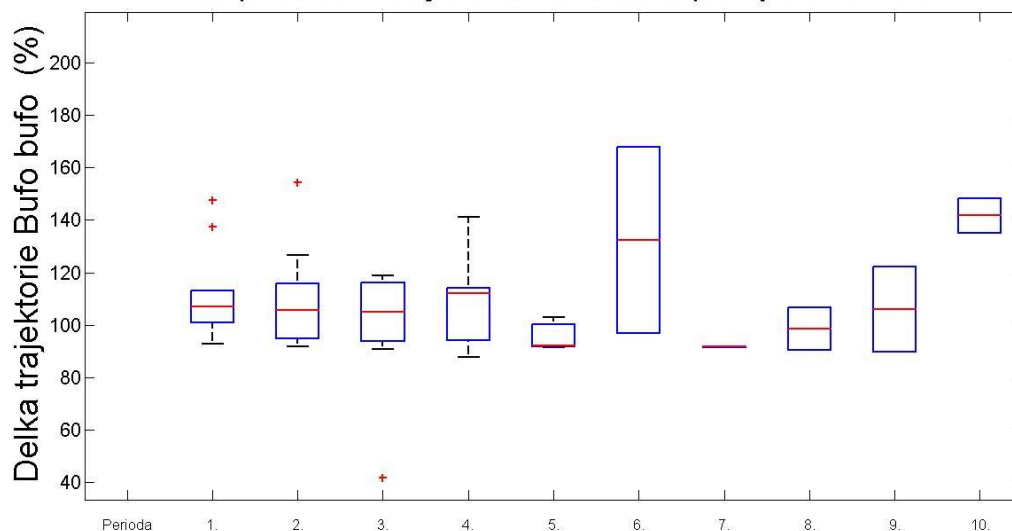
Tabulka 57.: Výsledky pro parametr délka trajektorie zvíře x plošina pro měřený druh Bufo bufo

		Perioda									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Identifikační číslo jedince	ID-4		94.437	105.510	87.845	91.483	167.671	91.932	106.653	122.380	148.384
	ID-5		95.529	90.698	89.897	92.294	96.838	91.666	90.535	89.747	135.023
	ID-301	101.352	92.787	118.773	114.017						
	ID-302										
	ID-302										
	ID-303	92.702	101.723	97.245	113.704						
	ID-124										
	ID-123	94.887	91.967	41.979							
	ID-122	100.959	109.293	104.538	106.637	102.809					
	ID-120	112.995									
	ID-118	110.777	116.103	117.612	112.135						
	ID-118	103.255	114.927								
	ID-115		126.450								
	ID-115	147.419	105.639	114.628	141.231						
	ID-114	137.287	154.396								
ID-102	110.808										

Tabulka 58.: Statistické porovnání period pro parametr délka trajektorie zvíře x plošina Bufo bufo

		Statistické porovnání period									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
<b>p1</b>		1.000	0.160	0.641	0.578	0.750	0.500	0.500	1.000	1.000	0.500
<b>p2</b>		0.160	1.000	0.742	0.156	1.000	0.500	0.500	1.000	1.000	0.500
<b>p3</b>		0.641	0.742	1.000	0.375	0.500	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500
<b>p4</b>		0.578	0.156	0.375	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000	0.500
<b>p5</b>		0.750	1.000	0.500	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500
<b>p6</b>		0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000
<b>p7</b>		0.500	0.500	1.000	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500
<b>p8</b>		1.000	1.000	1.000	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500
<b>p9</b>		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500
<b>p10</b>		0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000

Boxplot Delka trajektorie Bufo bufo pro rychlost 5°/s



Tabulka 59.: Výsledky pro parametr Max\_A pro měřený druh Bufo bufo

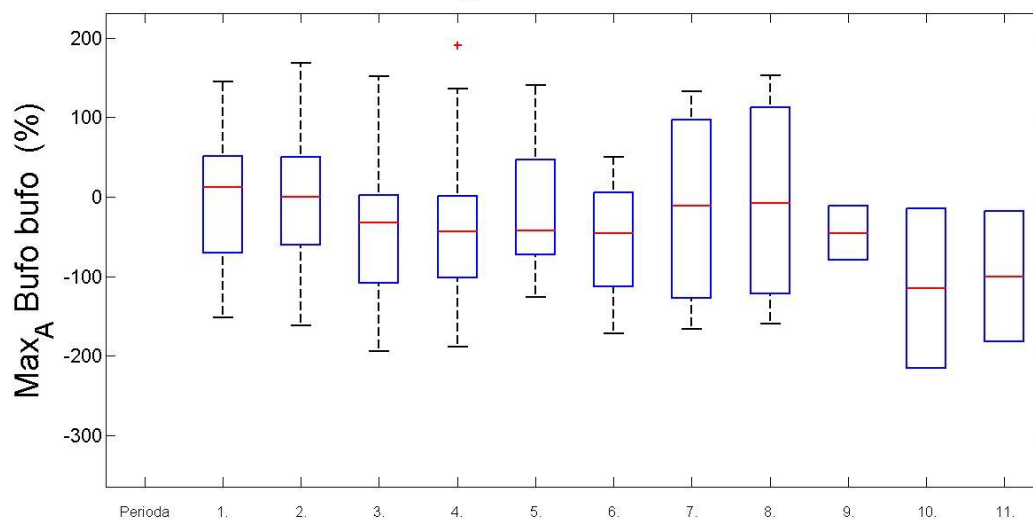
		Perioda									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Identifikační číslo jedince	ID-4		-161.50	-194.57	-188.89	-126.50	-171.97	-166.26	-159.36	-79.70	-214.91
	ID-5		2.73	-41.18	-43.36	-45.46	-53.60	-10.98	-7.62	-11.45	-14.76
	ID-301	-82.19	-90.86	-89.19	136.36	97.73	49.69	132.87	152.20		
	ID-302	26.27	91.05	152.05	190.24	140.93					
	ID-302	144.83	168.80	-151.72	-117.95	-96.94					
	ID-303	-66.37	-80.79	-126.71	-109.53	-48.64					
	ID-124		-18.05	-11.73	3.22	-5.02					
	ID-123		-2.16	-6.27	-41.42	-40.09	-38.60				
	ID-122		-13.32	-22.62							
	ID-120	11.67	37.23	9.49	-52.40						
	ID-118	49.60	60.36								
	ID-118		39.32								
	ID-115	-151.60	-118.94	-73.06	-76.92						
	ID-115	-33.86	-39.46								
	ID-114	54.05	60.40								
ID-102		30.92	9.51	-3.71							



Tabulka 60.: Statistické porovnání period pro parametr Max<sub>A</sub> Bufo bufo

Statistické porovnání period										
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
p1	1.00	1.00	0.36	0.50	0.74	0.25	0.25	0.50	1.00	0.50
p2	1.00	1.00	0.05	0.24	0.95	0.88	1.00	0.75	1.00	0.50
p3	0.36	0.05	1.00	0.41	0.20	1.00	0.25	0.25	0.50	1.00
p4	0.50	0.24	0.41	1.00	0.84	0.38	0.50	0.25	0.50	1.00
p5	0.74	0.95	0.20	0.84	1.00	0.13	1.00	0.50	0.50	1.00
p6	0.25	0.88	1.00	0.38	0.13	1.00	0.25	0.25	0.50	1.00
p7	0.25	1.00	0.25	0.50	1.00	0.25	1.00	0.25	1.00	0.50
p8	0.50	0.75	0.25	0.25	0.50	0.25	0.25	1.00	1.00	0.50
p9	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	0.50
p10	0.50	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	0.50	0.50	1.00

Boxplot Max<sub>A</sub> Bufo bufo pro rychlost 5°/s



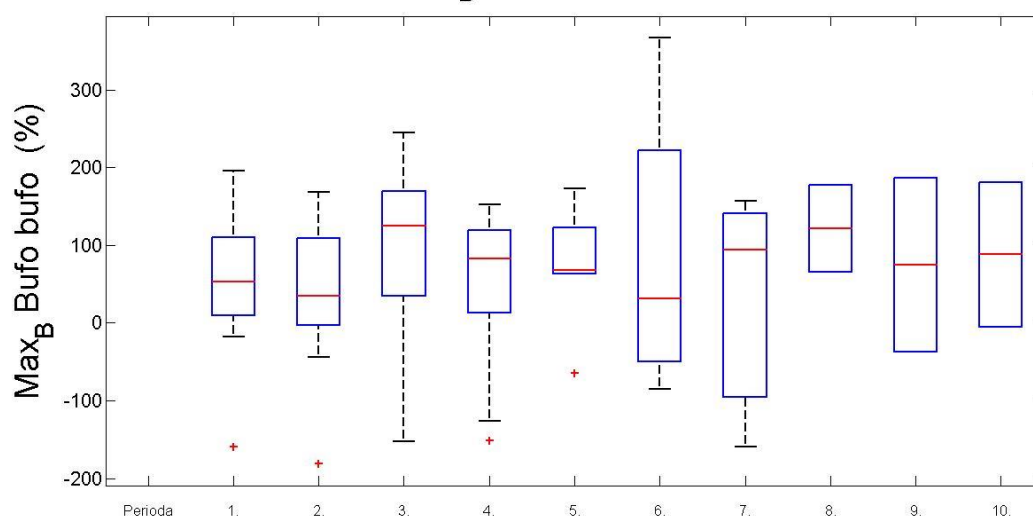
Tabulka 61.: Výsledky pro parametr Max\_B pro měřený druh Bufo bufo

		Perioda									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Identifikační číslo jedince	ID-4	9.13			58.95	62.86	-13.65	93.81		-36.79	-4.9
	ID-5	176.18	168.38	169.76	151.85	172.97	367.42	156.41	177.41	186.94	180.8
	ID-301	196.2	163.82	165.01	-125.83	-64.53	-85.05	-159.26			
	ID-302	-18.29	-43.57	-152.19	-151.73						
	ID-302	-159.5	-180.59	159.34							
	ID-303	117.98	122.47	214.33	111.75	122.49					
	ID-124	43.8	10.5	34.32							
	ID-123	52.62	18.6	90.39	82.97	64.18	76.39		65.18		
	ID-122	32.38	-3.29								
	ID-120	71.5	17.18	51.53	61.06						
	ID-118	9.31	-38.34								
	ID-118		54.82								
	ID-115	124.94	109.38	245.03	141.37						
	ID-115	61.85	50.65								
	ID-114	-5.88									
ID-102	86.64	63.68	34.72	88.86	71.05						

Tabulka 62.: Statistické porovnání period pro parametr Max\_B Bufo bufo

		Statistické porovnání period									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
<b>p1</b>		1.000	0.426	0.492	0.910	0.844	1.000	0.750	1.000	1.000	1.000
<b>p2</b>		0.426	1.000	0.049	0.652	1.000	0.625	0.250	1.000	1.000	1.000
<b>p3</b>		0.492	0.049	1.000	0.203	0.563	1.000	0.250	1.000	1.000	1.000
<b>p4</b>		0.910	0.652	0.203	1.000	0.438	0.375	0.750	1.000	1.000	1.000
<b>p5</b>		0.844	1.000	0.563	0.438	1.000	0.875	0.750	1.000	1.000	1.000
<b>p6</b>		1.000	0.625	1.000	0.375	0.875	1.000	0.750	1.000	0.500	1.000
<b>p7</b>		0.750	0.250	0.250	0.750	0.750	0.750	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>p8</b>		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>p9</b>		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000
<b>p10</b>		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Boxplot Max<sub>B</sub> Bufo bufo pro rychlost 5°/s

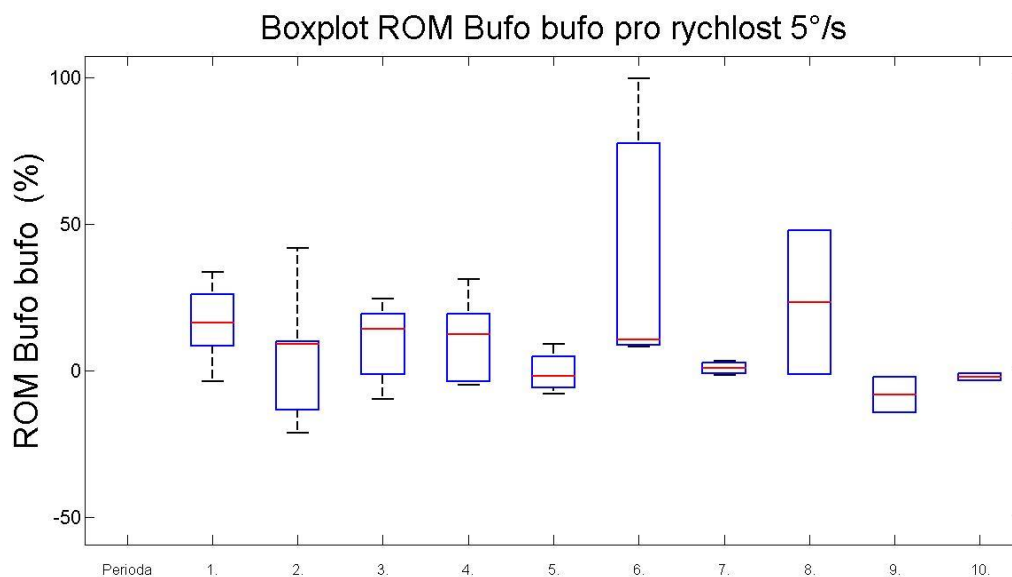


Tabulka 63.: Výsledky pro parametr Rom<sub>B</sub> pro měřený druh Bufo bufo

		Perioda									
		p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
Identifikační číslo jedince	ID-4	7.1	-13.33	-9.63	12.57	0.44	99.78	-1.48	47.96	-14.15	-0.8
	ID-5	-3.51	-21.07	-1.93	-3.71	-7.81	10.67	1.03	-1.37	-1.98	-3.27
	ID-301	24.72	9.61	14.33	-4.74	-3.85	8.12	3.35			
	ID-302	16.41	41.81	20.62	12.22						
	ID-302										
	ID-303										
	ID-124	30.96	9.59	14.95							
	ID-123	10.25	4.47	18.76	19.36	9.16					
	ID-122	4.05	-15.05								
	ID-120	33.71	8.38	-1.11							
	ID-118	30.22									
	ID-118										
	ID-115	13.28	10.1	24.54							
	ID-115	9.12									
	ID-114	22.43									
ID-102	23.87	24.44	7.79	31.09							

Tabulka 64.: Statistické porovnání period pro parametr Rom\_B Bufo bufo

Statistické porovnání period										
	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9	p10
p1	1.000	0.131	0.074	0.688	0.125	0.750	0.500	0.500	1.000	1.000
p2	0.131	1.000	0.164	0.688	0.875	0.500	0.500	0.500	1.000	0.500
p3	0.074	0.164	1.000	0.844	0.375	0.500	1.000	0.500	0.500	1.000
p4	0.688	0.688	0.844	1.000	0.250	0.250	1.000	0.500	1.000	1.000
p5	0.125	0.875	0.375	0.250	1.000	0.250	0.500	0.500	1.000	1.000
p6	0.750	0.500	0.500	0.250	0.250	1.000	0.250	0.500	0.500	0.500
p7	0.500	0.500	1.000	1.000	0.500	0.250	1.000	1.000	0.500	1.000
p8	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000	0.500	0.500
p9	1.000	1.000	0.500	1.000	1.000	0.500	0.500	0.500	1.000	1.000
p10	1.000	0.500	1.000	1.000	1.000	0.500	1.000	0.500	1.000	1.000



Příloha č. 3 Přehled statistického zpracování pro mezidruhové srovnání:

Z důvodu rozsahu netisknuto a přiloženo na CD v souboru pod názvem Mezidruhové statistické výsledky.xlsx