

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra etologie a zájmových chovů**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Magnetorecepce u koní: Chybovost koní v parkuru na  
překážkách různě orientovaných vůči magnetické ose  
Země**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Jana Kovářová**

**Obor studia: Zájmové chovy zvířat**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Jitka Bartošová, Ph.D.**

**Konzultant: Ing. Klára Ničová, Ph.D.**



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Magnetorecepce u koní: Chybovost koní v parkuru na překážkách různě orientovaných vůči magnetické ose Země" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 13. 4. 2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala doc. Ing. Jitce Bartošové, Ph.D., za velkou příležitost psát takto zajímavé téma. Také děkuji za veškeré trefné připomínky a mnohahodinové konzultace. Také bych ráda poděkovala Ing. Kláře Ničové, Ph.D., která mi i v pozdních hodinách reagovala na emaily velmi mi pomohla se zpracováním dat. Tato práce byla napsána ve vzpomínce na moji babičku MUDr. Evu Šindlerovou, která mě ve studiu nejvíce podporovala.

# Magnetorecepce u koní: Chybovost koní v parkuru a překážkách různě orientovaných vůči magnetické ose Země

## Souhrn

Magnetorecepce je jedním ze smyslů, které mohou živočichové aktivně využít při různých činnostech a aktivitách. Geomagnetické pole Země pomáhá řídit jejich prostorové chování a orientaci. Téma magnetorecepce se významně zkoumalo u mnohých živočichů. U koní však stále čeká na své probádání. Tato diplomová práce slouží jako pilotní studie k hlubšímu prozkoumání této schopnosti u koní, o které se prozatím mnoho neví. V diplomové práci bylo sledováno chování koní při skokových soutěžích Longines Global Champions Tour. Jednalo se o 8 soutěží konaných v různých lokalitách po světě (Doha, Hamburg, Madrid, Mexiko, Miami, Londýn, Paříž, Praha). Některé byly pořádány v jezdeckých halách, jiné venku na travnatém či písčitém kolbišti. Celkem se soutěží zúčastnilo 96 jezdců se 154 koňmi. Jezdci i koně se lišili mírou zkušeností, věkem i množstvím vyhraných soutěží. Z výsledků diplomové práce vyplývá, že chybovost na trase parkuru nebyla náhodně rozdělena a lišila se v závislosti na několika faktorech. Jedním z nich byl typ překážky ( $F_{(5, 3734)} = 3,07, P < 0,01$ ). Nejsložitější k překonání se ukázala překážka typu oxer s vodou a samostatně stojící vodní skok. Chybovost se také lišila na jednotlivých překážkách dle jejich umístění v rámci trasy parkuru. Čím později byla překážka umístěná na trase parkuru, tím vyšší na ní byla pravděpodobnost chyby. Vliv nájezdu na překážku je jedním z možných vlivných faktorů na skokový výkon koní. Ukázalo se, že pravděpodobnost chyby se lišila dle směru nájezdu a nejnáchylnějším k chybě se jevil nájezd na překážku v úhlu  $45 - 75^\circ$  a  $195 - 225^\circ$  ( $F_{(11, 3737)} = 4,01, P < 0,0001$ ). Diplomová práce si kladla za cíl podívat se na téma magnetorecepce u sportovních koní, což nebylo ještě nikdy studováno. S ohledem na výsledky je možné konstatovat, že toto téma si žádá experiment v kontrolovaném prostředí bez možných vnějších vlivů, které by na projevy a vnímání magnetického pole Země mohly mít vliv.

**Klíčová slova:** magnetorecepce, kůň, magnetická osa, chybovost, výkon

# **Magnetoreception in horses: Fault rate in show-jumping on the obstacles differently oriented towards Earth's magnetic axis**

## **Summary**

Magnetoreception is one of the senses that animals can actively use in various activities. The Earth's geomagnetic field helps them to control their spatial behavior and orientation. The topic of magnetoreception has been studied significantly in many animals. However, in horses, it remains to be explored. This thesis is meant to serve as a pilot study for further investigation of this ability in horses, as it remains rather unexplored. In this thesis, the behavior of horses during jumping competitions of the Longines Global Champions Tour was observed. 8 competitions were held in different locations around the world (Doha, Hamburg, Madrid, Mexico, Miami, London, Paris, Prague). Some were held in riding halls, others outdoors on grass or sandy grounds. In total, 96 riders with 154 horses took part in the competitions. The riders and horses varied in experience, age, and the number of won competitions. The results of the thesis show that the error rate on the parkour course was not randomly split varied depending on several factors. One of these factors was the type of obstacle ( $F_{(5, 3734)} = 3,07$ ,  $P < 0,01$ ). Oxer obstacles with water and open water to be the most difficult to overcome. Error rates also varied on individual obstacles according to their location within the parkour route. A certain trend could be seen from the graphs of the analyzed data - the later the obstacle was placed in the parkour route, the higher the probability of error on it. The effect of the obstacle run-in was one of the possible factors influencing the jumping performance of the horses. It was shown that the probability of error varied according to the direction of approach - the most critical error-prone approach to the fence at an angle of  $45 - 75^\circ$  and  $195 - 225^\circ$  ( $F_{(11, 3737)} = 4,01$ ,  $P < 0,0001$ ). This study aimed to look at the topic of magnetoreception in sport horses, which has never been studied before. Considering the results, it can be concluded that this topic requires an experiment in a controlled environment without possible external influences that could affect the expression and perception of the Earth's magnetic field.

**Keywords:** magnetoreception, horse, show-jumping, magnetic axis, fault rate

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše.....</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Magnetorecepce.....</b>	<b>11</b>
3.1.1	Magnetické pole Země.....	12
3.1.2	Elektromagnetická indukce.....	13
3.1.3	Magnetitová hypotéza.....	14
3.1.4	Tvorba radikálových párů.....	16
3.1.5	Magnetický kompas .....	17
3.1.6	Magnetická mapa .....	18
3.1.7	Magnetický alignment .....	18
<b>3.2</b>	<b>Parkur .....</b>	<b>19</b>
3.2.1	Technika skoku .....	21
3.2.2	Překážky.....	21
3.2.2.1	Výškové.....	22
3.2.2.2	Šířkové .....	23
3.2.2.3	Výškošířkové.....	24
3.2.3	Pravidla .....	25
3.2.3.1	Chyby v parkuru.....	27
3.2.3.2	Neposlušnosti a vyloučení.....	27
3.2.3.3	Měření času .....	29
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Typy překážek .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Jezdci .....</b>	<b>32</b>
<b>4.3</b>	<b>Koně.....</b>	<b>33</b>
<b>4.4</b>	<b>Magnetorecepce.....</b>	<b>33</b>
<b>4.5</b>	<b>Analýza dat .....</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>44</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>49</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>54</b>





# 1 Úvod

Jezdeckví je jeden z mála sportů, kde soutěží muži a ženy společně, bez ohledu na hmotnost, či sílu jezdců. Celosvětově nejrozšířenější jezdeckou disciplínou je parkur. Skoková soutěž je soutěží, při které se za různých podmínek prověřuje dvojice sportovec a kůň na parkuru s překážkami. Tyto soutěže mají prokázat klid, uvolněnost, sílu a dovednost koně při skákání a jezdecké schopnosti sportovce (ČJF 2021). Jedná se o různě rozmístěné překážky po celé ploše kolbiště, které dvojice jezdec a kůň musí překonat v daném směru a pořadí. Jestliže se sportovec dopustí určitých chyb, např. poboření překážky, zastavení před překážkou, překročení časového limitu apd., je penalizován. Vítězem soutěže se stává sportovec, který dostal nejnižší počet trestných bodů. Typy překážek jsou výškové, výškošírkové a šířkové. Bariéry překážek jsou ze dřeva, nebo plastu. Překážky musí být svým celkovým tvarem a vzhledem lákavé, různorodé a ladící se svým okolím. Překážky samotné i jejich jednotlivé prvky musí být sestaveny tak, aby bylo možné je pobořit. Na druhé straně nesmí být natolik lehce shoditelné, aby spadly například při lehkém dotyku. Ale ani natolik těžké aby zavinily pád nebo zranění koně. Překážky musí být stavěné v duchu fair play.

Magnetorecepce je využití geomagnetického pole, které pomáhá řídit prostorové chování. Existují celkem tři hypotézy mechanismu magnetorecepce, které lze jednoduše rozdělit na nezávislé a závislé na světle (Krylov 2015). Mezi mechanismy nezávislé na světle se řadí elektromagnetická indukce a magnetitová hypotéza. Elektromagnetická indukce je omezena přítomností vysoce vodivého média, jako je mořská voda. Mořští živočichové, jako jsou například žraloci nebo rejnoci, mohou svými citlivými elektrodami, Lorenziniho ampulemi, vnímat změny v napětí vyvolané pohybem v geomagnetickém poli. Druhý, velmi studovaný a nedávno velmi prosazovaný, je magnetorecepční mechanismus založený na přítomnosti krystalů oxidu železa (pravděpodobně magnetitu) ve tkáních, kde zprostředkovávají přenos magnetické signálu jako zvláštní druh mechanorecepce. Třetím mechanismem je na světle závislý model tvorby radikálových párů (Wiltschko & Wiltschko 2001). Jedná se zřejmě o specializované fotochemické reakce ve fotosenzitivních molekulách kryptochromu za přítomnosti krátkovlnného světla.

Existuje několik studií, které se zabývají schopností vnímat magnetické pole. Například bylo zjištěno, že psi při vyměšování dávají přednost nasměrování těla v severojižní ose v obdobích, kdy je magnetické pole klidné. U lišek by mohlo zaujímání určitého postavení napomáhat k určování vzdálenosti od kořisti, a tím i zvýšení míry úspěšnosti při lovu (Červený et al. 2011). Další výzkumy dokazují, že magnetické pole lze využít jak k navigaci při dlouhých přeletech tak k migraci lososů a mořských želv (Mouritsen 2018; Walker 2002). Magnetické pole umožňuje dodržovat směr hrabání tunelů podzemních savců, udává směr pastvy skotu a jelení zvěře (Begall et al. 2008). Ptáci například preferují dosedání na vodní hladinu v severojižní ose. Dalším příkladem může být stavění hnízd u rypoušů. Nabízí se tedy otázka, zdali má magnetické pole vliv i na koně. Konkrétně na bezchybné absolvování překážek.

## 2 Vědecká hypotéza a cíle práce

Diplomová práce se zabývá vnímáním magnetického pole Země koňmi. Cílem diplomové práce bylo otestování následující základní hypotézy:

Koně budou v parkuru chybovat častěji na překážkách umístěných mimo severo-jihní magnetickou osu Země, než na překážkách ve směru této osy. Pokud naopak daná překážka bude stát ve směru severo-jihní osy, kuň by ji měl absolvovat snadněji, tedy s menší pravděpodobností chyby.

Dílním cílem bylo ověřit testované faktory:

- Chybovost na odlišných typech překážek (kolmý skok, kolmý skok s vodou, oxer, oxer s vodou, tripplebar a vodní skok)
- Jakou roli v úspěšnosti koní hraje prostředí a povrch kolbiště (venkovní kolbiště, písek či tráva)

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Magnetorecepce

Magnetorecepce je schopnost živočichů vnímat magnetické pole Země a tuto informaci využít k orientaci v prostoru. První, kdo přišel s úvahou o působení magnetorecepce, coby možné informace sloužící k orientaci na Zemi, byl Alexander Theodor von Middendorff v roce 1859. V té době se lidé domnívali, že se zvířata údajně orientují podle polohy Slunce a hvězd. Teorie se nesečkala s úspěchem v odborné ani laické veřejnosti a tak musela počkat ještě více než 100 let na znovuobjevení (Němec & Vácha 2007). V dnešní době je magnetorecepce brána, jako „šestý smysl“ organismů, měla by mít své orgány a receptory, u kterých bychom měli znát, jejich přesné funkce a procesy v nich probíhající (Válková & Vácha 2012). Dosud jsou známy tři typy vnímání magnetického pole se speciálními senzory, které se jeví nejpravděpodobněji pro příjem a vnímání magnetického pole Země. Prvním z nich je elektromagnetická indukce, která je závislá na trvalém působení vody. Z tohoto důvodu bylo objevena právě u mořských živočichů, například u rejnoků. U nich byly na jejich těle zjištěny vodivé elektroreceptory. Díky těmto receptorům mohou vnímat odchylky v napětí, indukci a proudu (Němec & Vácha 2007). Druhou teorií je teorie radikálových párů. To je chemická reakce založená na vnímání magnetického sklonu. Můžeme to připodobnit k úhlu měřenému od vodorovné roviny Země k lokálnímu vektoru geomagnetického pole. Poslední teorií je využití feromagnetických částic a mechanoreceptorů. Ta je založená na přítomnosti magnetitových krystalků, které tvoří řetězce a natáčejí se podle magnetických siločar (Kirschvink & Gould 1981).

Magnetoreceptory se mohou nacházet kdekoli v těle, protože magnetické pole je schopné proniknout do všech biologických tkání (Barnothy 1964). Role magnetorecepce závisí na podmínkách prostředí, biologii druhu a fyziologickému stavu organismu. Magnetorecepce zvířat komplikují magnetické bouře a antropogenní zdroje magnetických polí.

Magnetické pole poskytuje všudypřítomný a spolehlivý zdroj informací, které lze použít pro orientaci a navigaci. A to bez ohledu na denní dobu, roční období nebo povětrnostní podmínky (Landler et al. 2015). Výzkum, zahrnující organismy z nesourodých taxonů, poskytl důkazy pro dvě teorie magnetorecepce pro suchozemské živočichy. Mechanismus založený na magnetitu (Phillips et al. 2002) a na světlo závislý mechanismus (Winklhofer et al. 2010; Landler et al. 2015; Malkemper et al. 2016). Tyto dva mechanismy se liší svými biofyzikálními a fyziologickými vlastnostmi a nemusí se nutně vzájemně vylučovat. Ve skutečnosti byly u stejného druhu potvrzeny důkazy, odpovídající zapojení dvou typů mechanismů s odlišnými biofyzikálními charakteristikami (Malkemper et al. 2016). Je však nepravděpodobné, že by přirozený výběr zachoval dva samostatné biofyzikální senzory pouze za účelem poskytnutí nadbytečných prostorových informací. Spíše je možná teorie, že druhy s duálními mechanismy využívají různých biofyzikálních vlastností každého mechanismu k získání různých typů prostorových informací z magnetického pole. Například u obojživelníků a ptáků se mechanismus závislý na světle zřejmě používá k poskytování směrových informací, zatímco mechanismus založený na magnetitu se používá spíše k detekci prostorových změn v magnetickém poli a poskytování mapových informací používaných během navigace (Painter et al. 2013).

Využití magnetického pole země, které pomáhá řídit prostorové chování, bylo prokázáno jak u všech hlavních tříd obratlovců (ryby, obojživelníci, plazi, ptáci a savci), tak u bezobratlých (hmyz, korýši a měkkýši) (Červený et al. 2017; Kirschvink et al. 2001; Ritz et al. 2000). Zvířata z různých taxonomických skupin, jako jsou korýši (Lohmann et al. 2007), hmyz (Jacklyn a Munro 2002; Vacha et al. 2008), ryby (Quinn 1980; Walker 2011), obojživelníci (Phillips 2002), plazi (Lohmann et al. 2007), ptáci (Walcott a Green 1974;) a savci (Begall et al. 2008) jsou schopni se orientovat pomocí geomagnetického pole. Behaviorální studie zatím poskytují důkazy pro zapojení magnetických podnětů ve spojení s prostorovými úkony, které zahrnují orientaci magnetického kompasu, magnetickou konjuktci a odvození od zeměpisné polohy (Begall et al. 2008; Ritz et al. 2000; Painter et al. 2016). Ačkoliv byla magnetická orientace prokázána v různých taxonomických skupinách, fyziologický a biofyziologický základ tohoto chování není zcela pochopen. Nálezy z neurofyziologických a behaviorálních studií určených k další charakterizaci funkčních vlastností magnetického smyslu, byly podnětem pro několik teoretických modelů, které se pokoušely vysvětlit mechanismy zprostředkávající magnetorecepci u suchozemských živočichů.

### 3.1.1 Magnetické pole Země

Na magnetickém poli Země závisí i všechny život, který se na Zemi odehrává. Magnetické pole totiž chrání planetu Zemi před proniknutím slunečního větru a vnikem kosmických částic do biosféry. Také významně pomáhá při orientaci živočichů (Nelson 2011). Magnetické pole Země je vytvářeno díky rotaci a energii zemského jádra. Ve vnější vrstvě jádra proudí sloučeniny železa, které díky rotaci tvoří magnetické pole. Toto pole je podobné magnetickému poli magnetu a také tvoří dva póly. Jediný rozdíl je v tom, že má póly opačně. Na jižním geografickém pólu se tak nachází severní magnetický pól. A na severním geografickém pólu se nachází jižní magnetický pól. Geografický a magnetický pól se ale nenacházejí na stejném místě. Jejich poloha je různá i o stovky kilometrů a vzdálenost se každým rokem o kousek mění (Tarduno, Cottrell, Davis, Nimmo, Bonno, 2015). Rychlost posunu jižního magnetického pólu není stejná. Poslední dobou se pohybuje kolem 40 km za rok. Pokud bude tento trend pokračující, pak se posune přes Severní ledový oceán na Sibiř.

Země vytváří dipólové magnetické pole, jehož póly jsou umístěny v blízkosti jejích rotačních pólů. Úhel mezi těmito body je označován jako magnetická deklinace. Intenzita magnetického pole se pohybuje více či méně předvídatelným způsobem od 60 000 nT na magnetických pólech po 26 000 nT na magnetickém rovníku (Obleser et al. 2016). Podobně jako intenzita je i sklon na pólech maximální. Sklon je zde kolmo (90°) a snižuje se směrem k rovníku (0°).

Humři ostnatí jsou schopni migrace a navádění. Využívají polaritu geomagnetického pole pro prostorovou orientaci. Tato teorie byla podpořena experimenty, které prováděl Lohmann a jeho kolegové (Lohmann et al. 1995). Výzkumníci z Německa zjistili, že jsou krtci schopni využít informace o geomagnetickém poli ke stavbě hnízd v experimentálním areálu (Burda et al. 2009). Zvířata raději stavěla hnízda v jihovýchodním sektoru experimentální arény v místním geomagnetickém poli (Marhold et al. 1997). Použití magnetického sklonu pro orientaci bylo prokázáno při pokusech prováděných s červenkami během jejich migrace

(Wiltschko & Wiltschko 2001; Wiltschko et al. 2001). Autoři tak demonstrovali, že odchylky v geomagnetickém poli mohou změnit směr stěhovavých ptáků. Když se obrátila svislá složka geomagnetického pole, ptáci, kteří normálně dávali přednost severnímu směru, začali migrovat na jih. Stejný účinek byl pozorován i při obrácení horizontální složky geomagnetického pole.

Myšlenka, že zvířata mohou použít prostorový gradient geomagnetického pole k získání informací o své poloze v přírodní krajině, vznikla spolu se studii orientace v magnetickém poli (Gould 1980; Moore 1980; Walcott 1980). Takové návrhy byly výsledkem pozorování holubů v přirozeném prostředí. W. T. Keeton a jeho kolegové prováděli experiment více než 3 roky. V oblastech se silnými geomagnetickými anomáliemi nebyla detekována žádná vhodnější orientace ptactva (Walcott 1978). Vezmeme-li v úvahu cirkadiální rytmy fyziologických procesů a periodicitu diurnálních variací geomagnetického pole, můžeme naznačit, že zvířata mají schopnost porovnat parametry geomagnetického pole registrovaného magnetoreceptory s očekávanými parametry geomagnetického pole v partikulární denní době (Krylov et al. 2015).

### 3.1.2 Elektromagnetická indukce

Elektromagnetická indukce je princip, založený na vzájemném působení magnetického a elektrického pole. Jedná se o jev, ke kterému dochází v měnícím se magnetickém poli. V tomto poli se pohybuje těleso z vodivého materiálu. Magnetické pole v cívice tvoří indukované elektrické pole. Když se vodič pohybuje jinak, než paralelně s indukčními čarami, začne jej protínat a náboje pak migrují. Jeden konec nábojů je nabit kladně a druhý záporně. Tím vzniká mezi vodiči napětí. Pokud jsou oba konce propojeny vodičem, vznikne elektrický obvod (Vácha & Němec 2007). Tento jev nazýváme Lorentzovou silou a je roven součinu síly magnetického pole, náboje a rychlosti částic a sinusu úhlu mezi vektory pohybu (Johnes & Lohmann 2005). Magnetické pole se mění a generuje napětí na elektrickém vodiči (Kobylkov 2020).

Tento typ magnetorecepce byl zkoumán nejdůkladněji a vědci jej nezpochybňují. U ryb z elasmobranchu jsou Lorenzinovo ampule vysoce citlivé elektroreceptory (Murray 1960; Albert & Crampton 2006). Mohou vnímat slabá vnější elektrická pole biologického a abiotického původu (Hofmann 2011). Kalmijn navrhl teorii aplikace ampulárních elektroreceptorů pro orientaci v geomagnetickém poli (1974, 1984). Podle principů elektromagnetické indukce pohyb ryb v geomagnetickém poli indukuje elektrické pole registrované ampulárními orgány. Tato informace může být použita k určení jejich orientace. Kalmijnho teorie je podpořena experimenty prováděnými s použitím rejnoka černomořského. Aferentní neurony ampulárních elektroreceptorů na velkých prsních ploutvích rejnoka a některé zóny mozku reagovaly na elektrické a magnetické podněty (Andrianov et al. 1974; Brown a Iljinský 1978). Excitace či inhibice neuronů byla zaznamenána, když se magnetické pole změnilo v čase. Ryby se nehýbaly nebo se pohybovaly v konstantním magnetickém poli. Kromě toho jsou ryby z elasmobranchu schopny se pohybovat v oblasti s gradienty magnetického pole. Například v blízkosti podmořského reliéfu (Klimley 1993). Když se ryby pohybují v gradientu magnetického pole, mají elektrická pole vnímaná prostřednictvím ampulárních orgánů v rozdílných částech rybiho těla různou magnitudu (Northcutt 1978). I když je ryba nehybná ve vztahu ke dnu, je schopna získat informace o směru magnetického pole prostřednictvím ampulárních orgánů. Je to dáno takzvaným pasivním příjmem. To je srovnání proudové

rychlosti mořské vody a velikosti elektrického pole vyvolaného prouděním v geomagnetickém poli (Kalmijn 1984; Paulin 1995; Tricas 2001).

Princip elektromagnetické indukce je sledován převážně u vodních živočichů (Eder et al. 2012). Proto je elektromagnetická indukce nejvíce viditelná u žraloků a rejnoků. U paryb jako jsou žraloci a rejnoci je smyslovým orgánem Lorenziniho ampule. Ryby mají stěny kanálků v charakteru elektrického vodiče. Jsou zakončeny Lorenziniho ampulemi a nazývají se elektroreceptory. Ty jsou velmi senzitivní na změnu elektrického napětí (Ritz et al. 2000). Mořský živočich se pak pohybuje vodivým médiem a vytváří elektrický obvod s intenzitou proudu a polaritou, závislých na rychlosti a směru pohybu ve vztahu k magnetickým čarám. Žralok či rejnok pak může detekovat malé napětí, vznikající jeho pohybem (Lohman 2010). Je třeba zmínit, že zástupci některých taxonů teleostních ryb mají vysoce citlivé ampulární receptory. Ampuly teleostních ryb a elasmobranchů jsou navzdory své podobnosti různého fylogenetického původu. Svědčí o tom jejich odlišná reakce na polaritu podnětů a některé rysy morfologie a inervace (New 1997; Alves Gomes 2001; Tricas 2001; Albert & Crampton 2006). Příznačně mohou teleosty podobné elasmobranchům vnímat magnetická pole prostřednictvím elektrosenzorického systému. Stejnou schopnost mohou prokázat zástupci dalších prastarých taxonomických skupin ryb, které mají elektroreceptory (Krylov et al. 2015).

### 3.1.3 Magnetitová hypotéza

Magnetitová teorie je založena na názoru, že živočichové v sobě mají magnetit, který dokáže detekovat polaritu magnetického pole a rozlišit tím směr na sever, nebo na jih (Johnsen & Lohmann 2005). Živočišné tkáně by měly obsahovat feromagnetické částice, které fungují, jako malý magnet. A na základě indukčních čar magnetického pole se přiklání k severnímu, nebo jižnímu směru (Vácha & Němec 2007). První výzkumy magnetitu potvrdil Richard Blackmore a Richard Frankel u bakterií. Tento druh měl řetězce intracelulárních magnetitových krystalků, které jsou schopny tvořit biogenní magnetit (Uebe & Schuler 2016). Následně byla přítomnost magnetitu prokázána i u včel či jiných obratlovců a ptáků (Witschko & Wiltchko 2012). Předpokládá se, že mechanismus, založený na magnetitu zahrnuje magneticky citlivé krystaly, které v určitém rozsahu velikostí vykazují stabilní magnetický moment, který je podobný jehle v kompasu. Ta je v souladu s geomagnetickým polem a může být použita k rozlišení magnetického severu od jihu. Byly navrženy dvě sloučeniny syntetizované v biologických systémech, které poskytují biologický substrát (čili něco jako jehla v kompasu). Dále byl použit biogenní magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) a greigit ( $\text{Fe}_3\text{S}_4$ ). Obě tyto sloučeniny vytváří stabilní magnetické momenty. Tedy že při vystavení vnějšímu magnetickému poli by ukazovaly točivý moment (Phillips et al. 2002).

Je známo, že tkáně zvířat obsahují magnetizované sloučeniny železa, které mohou detekovat vnější magnetické pole (Kirschvink a Gould 1981; Fleissner et al. 2007; Lauwers et al. 2013). V přírodě se organický magnetit běžně vyskytuje i ve tkáních živočichů. Poprvé byla existence magnetitu objevena u mořských plžů chrousatek (Lowenstam 1962). Magnetitová hypotéza je založena na předpokladu, že ve tkáních jsou magnetické částice, které se chovají jako jehly kompasu (Yorke 1979). Magnetitové částice musí mít propojení s nervovým systémem. Jinak by systém nefungoval. Studie od Mouritsena (2018) a Winklhoferera (2007)

naznačují, že je magnetit pouze vedlejším produktem metabolismu železa. Jak behaviorální důkazy, tak fyziologické záznamy naznačují, že receptory na bázi magnetitu jsou s největší pravděpodobností spojeny s trojklaným nervem u obratlovců (Chen & Bassett 2005).

Tato teorie byla potvrzena jak při kompasové orientaci, tak při použití magnetických map (Yan & Tao 2013). Magnetitové krystaly různých tvarů a velikostí byly detekovány ve tkáních zvířat (Kirschvink & Gould 1981) a jsou rozděleny do tří kategorií. První je jednodoménová forma (bakterie a ryby), druhá je superparamagnetických krystalů (holubi) a třetí jsou multidoménové části magnetitu (Johnsen & Lohmann 2005). Jednodoménové krystaly můžeme připodobnit střelce kompasu. Rozlišují tedy pouze polaritu geomagnetického pole. Jsou velké asi 50  $\mu\text{m}$  a trvale magnetizované, aby mohly přenášet geomagnetickou informaci do nervového systému. Vektor magnetizace v takových zrnech je extrémně stabilní a má vhodnější směr. Vlastnosti zrn jednodoménového magnetitu jsou dobrým nástrojem pro vnímání magnetického pole zvířaty. Jsou natolik velké, aby si zachovaly vnitřní magnetický moment, který je fixován s ohledem na krystalickou strukturu. Geomagnetické pole působí točivým momentem na krystalickou strukturu, ve které jsou částice uloženy. Tím dochází k fyzickému přeskupení. Napětí, vyvolané točivým momentem by pak mohlo být spojeno s cestou, která otevírá nebo uzavírá membránové kanály (Painter 2017). U zvířat jsou nejčastěji detekovány jednodoménové krystaly magnetitu (Kirschvink 1989). Takové krystaly jsou strukturovány jako řetězce obsahující několik desítek prvků. Díky tomu celkový magnetický moment efektivně interaguje s geomagnetickým polem na pozadí tepelného shluku (Mann et al. 1988).

Superparamagnetické krystaly jsou menší. Jejich velikost je 2-5  $\mu\text{m}$ . Nemají trvalý charakter a nemohou se natáčet ve směru magnetického pole. Termická aktivace během doby mění směr magnetického momentu. Tyto krystaly tvoří řetězky či shluky a mohou deformovat buněčnou membránu tím, že se vzájemně přitahují či odpuzují. Nervový systém pak může detekovat změnu membrány a reagovat na to otevřením či zavřením iontových kanálů (Lohmann 2010). Multidoménové části magnetitu jsou o velikosti více než 100 nm. Takové částice jsou slabě zmagnetizované, protože směry magnetizačních vektorů některých domén v krystalu se neshodují (Krylov et al. 2015).

Živočichové, využívající tuto teorii, nejsou závislí na světle. Výborně to potvrzují ryby, mořské želvy a někteří hlodavci, kteří mají bezvadnou orientaci v prostoru (Vácha & Němec 2007). M. M. Walker navrhl hypotézu o fungování magnetoreceptoru obsahujícího řetězce magnetitu v rybách (2008). Řetěz je na jednom konci spojen s buněčnou membránou. Každý řetězec krystalů magnetitu je vláknitě propojen s řadou mechanicky ovládaných iontových kanálů. Stav kanálů v určitém okamžiku tvoří potenciál na membráně receptorové buňky (Walker 2008).

U ryb se řetězce jednodoménového magnetitu vyskytují ve tkáni obsažené v dermethmoidní kosti lebky v blízkosti čichových kapslí (Kirschvink et al. 1985; Mann et al. 1988; Beason & Brennen 1986). V horním zobáku byly zjištěny vysoké koncentrace sloučenin železa (Winklhofer et al. 2001; Fleissner et al. 2003, 2007). Hypotéza, že horní zobák je zodpovědný za magnetorecepci u ptáků, je přijímána již delší dobu (Fleissner et al. 2007; Falkenberg et al. 2010). Později však bylo prokázáno, že buňky v kůži horního zobáku obsahují feromagnetické magnetitové částice a jsou makrofágy, které nejsou spojeny s nervovou soustavou (Treiber et al. 2012). Studie provedené Treiberem et al. (2012) zpochybnila hypotézu

o vnímání změn magnetického pole magnetoreceptory v horním zobáku ptáků. Nicméně se vědci potýkají s problémem v této oblasti a musí učinit konečný závěr o lokalizaci a funkci magnetoreceptorů na bázi železa (Mouritsen & Hore 2012). Magnetorecepce v horním zobáku ptáků nebo jiné anatomické struktury uvnitř trojklaného nervu svědčí o tom, že informace o magnetických podnětech u ptáků a ryb se přenáší do medully přes oční větve trojklaného nervu (Wlaker et al. 1997; Mora et al. 2004). Navíc bylo prokázáno, že aktivita neuronů v jádrech povrchu a hluboká senzitivita inervovaná trojklaným nervem ptáků, závisí na parametrech vnějšího magnetického pole (Heyers et al. 2010). Blokování signálů zprostředkovaných trojklaným nervem vede k narušení vnímání magnetických podnětů (Friere et al. 2012; Kiškinov et al. 2013). Je možné, že v horním zobáku ptáků jsou pravděpodobně přítomny receptory buněk obsahující sloučeniny železa, ale skupina vědců pod vedením K. D. Treibera neidentifikovala buňky mezi makrofágy. Doposud se tímto problémem zabývali přední světoví scientisté (Krylov et al. 2015).

Kromě výše uvedených skutečností je nutné zmínit i možnost železitého přijetí magnetického pole do vnitřního ucha zvířat. Studie inicioval Harada a jeho kolegové (2001; Harada 2002). Fluorescencí pomocí synchrotronového záření rentgenových snímků bylo zjištěno, že sloučeniny železa jsou přítomny v signifikantním množství pouze v lagenálních otolitech ptáků (Harada et al. 2001). Výsledky studie ukázaly, že magnetická citlivost ptáků závisí na procesech ve vnitřním uchu. Wua a Dickmann odhadli expresi genu cFos v mozku po změnách ve vnějším magnetickém poli a podpořili existenci magnetických receptorů ve vnitřním uchu (2011, 2012). Později, za použití indukčně vázané plazmové hmotnosti spektrometrie, bylo demonstrováno, že lagenální otolity nejsou bohaté na magnetické prvky a těžko mohou hrát roli v magnetoreceptci (Zhao et al. 2009).

### 3.1.4 Tvorba radikálových párů

Studium na světle závislé magnetoreceptci je aktivně se rozvíjející oblastí vědy. Chemická magnetorecepce, též nazývaná jako teorie radikálových párů, je teorií od Schultena a Windemutha z roku 1986. Ritz et al. ji v roce 2000 poupravili (Witschko et al. 2011). V této oblasti existuje mnoho zjištěných mezer, vhodných pro hypotézy. Witschko a Witschko (2001) iniciovali experimenty, aby studovali na světle závislou magnetoreceptci. Studie prokázaly, že schopnost orientace v geomagnetickém poli pomocí tohoto typu příjmu závisí na vlnové délce světla. Orientace zvířat v magnetickém poli vyžaduje přítomnost fotonů s energií vyšší než určitý práh. Je třeba zmínit, že v omezeném funkčním okně podmíněném mechanismem receptoru může fungovat na světle závislá magnetorecepce jako jakýkoliv senzorický systém v biologii. Orientace ptáků ve vnějším magnetickém poli je evidována v poměrně úzkém indukčním pásmu odpovídající geomagnetickému poli a jeho možným změnám (Witschko & Witschko 2001) a intenzitě světla blízkému přirozenému (Witschko & Witschko 2012).

Základním principem je orientace biochemických reakcí v organismu, které jsou ovlivněny geomagnetismem. Mechanismus radikálových párů je založen na fotochemické reakci. Jedná se o přenos nespárovaných elektronů na molekulách, které dohromady tvoří tzv.



radikálový pár. Při této reakci jsou radikálové páry tvořeny coby meziprodukt a jsou ovlivňovány magnetickým polem (Smith & Goldman 1999). Radikálové páry jsou velmi reaktivní a jsou základem dalších chemických dějů. Primárním magnetoreceptorem je pravděpodobně molekula kryptochromu. Ta dokáže tvořit senzitivní radikálové páry (Ritz et al. 2000). Navrhuje se, aby primární příjem variací v geomagnetickém poli nastal u kryptochromních molekul (Ritz et al. 2000). Kryptochromy jsou třídou flavoproteinů citlivých na modré světlo. Molekuly kryptochromu byly nalezeny v mnoha rostlinách a zvířatech (Lohman 2010). Kryptochrom je jediným zvířecím fotopigmentem, který při fotoexcitaci vytváří meziprodukty radikálových párů (Krylov et al. 2015). Je známo, že tyto molekuly jsou nezbytné pro udržení cirkadiálních rytmů (van der Bogert et al. 1994).

Molekuly, které jsou vnímavé na světlo, mění oxidační stav v důsledku absorpce světelné energie. Tím vznikne chemická reakce, při které si dvě molekuly předávají elektron a vytváří radikálový pár. Pokud v epifyze, či v sítnici existují receptory, jejichž fotopigmenty tvoří magneticky senzitivní radikálové páry, může magnetické pole přeměnit efektivitu transformace světla na membránový potenciál. Magnetické pole by pak bylo viditelné (Ritz et al. 2000; Němec & Vácha 2007).

Deutschlander & Muheim. (2010) používali u ptáků speciální brýle se světlou, nebo matnou fólií. A na základě tohoto výzkumu určili, že ptáci využívají radikálové páry na pravém oce. Podle výzkumu Wiltschka a Wiltshka (2012) se ptáci nejlépe orientují v modré, zelené a tyrkysové barvě.

Fungování na světle závislých magnetoreceptorů je spojeno s dobře známým účinkem magnetických polí na stav elektronového spinu v radikálových párech (Barthony 1964). Radikálové páry jsou částice se dvěma nespárovanými elektrony. Je známo, že valenční vazba je tvořena dvěma elektrony s protilehlými orientovanými spiny. Toto je takzvaný singletový stav elektronových spinů. Elektrony se mohou také překloupat do souhlasné rotace a té říkáme tripletový stav. Vliv magnetického pole Země ovlivní, jestli převládne singletový, nebo tripletový stav (Johnsen & Lohmann 2005). Stav singletu a tripletu (jsou možné tři projekce rotace na kvantizační ose) elektronových spinů lze nalézt v radikálových párech. Vnější magnetické pole může ovlivnit evoluci spinového stavu elektronů v radikálových párech. Tedy způsobit singlet-tripletové přechody (Uebe & Schuler 2016). Důležitým parametrem je životnost radikálových párů. Čím vyšší je tento parametr, tím delší doba pro inverzi spinu může být (Slabý et al. 2013).

Na rozdíl od magnetitové hypotézy či elektromagnetické indukce, neumí chemická magnetorecepce detekovat polaritu magnetického pole (Johnsen & Lohmann 2005). Magnetický kompas závislý na světle je, podle výzkumů, spojen s radikálovými páry, které vznikají fotoexcitací fotoreceptorů na oční sítnici (Ritz et al. 2000).

### **3.1.5 Magnetický kompas**

Magnetický kompas udává směr k severu. Existují dva druhy tohoto kompasu – polaritní a inklinanční (Wiltschko & Wiltschko 2001). Polaritní kompas dokáže rozeznat polaritu magnetického vektoru. Rozliší a přesně ukáže směr na jih, nebo na sever. Nezmate jej dokonce

ani vynulování, nebo obrácení inklinace. Díky tomu zvířata nemají problém s určením správného směru a to ani na rovníku. Naproti tomu inklinální kompas určuje polaritu sekundárně ze sklonu magnetických siločar k Zemi. Živočich tedy pozná, že se pohybuje po severo-j jižní ose. Už však nepozná, jestli se pohybuje severním, nebo jižním směrem. Na rovníku tento typ kompasu nefunguje vůbec, protože je tam nulová inklinace (Němec & Vácha 2007).

Geomagnetismus pomáhá v prostorové orientaci a určení směru. Lidé i zvířata jej dokáží určit na souši i ve vodě, za světla i za tmy (Vácha & Němec 2007). Vnitřní kompas využívají především ptáci. Magnetický kompas je využíván jak pro navádění, tak při hnízdění (Eder et al. 2012). Živočichové, využívající kompas, velmi dobře vnímají intenzitu a jakoukoliv změnu magnetického pole (Wiltschko & Wiltschko 2001).

### **3.1.6 Magnetická mapa**

Pro přesné určení polohy je kromě magnetického kompasu potřeba použít i magnetickou mapu. Navigační mapa slouží k určení polohy a správnému směru k cíli (Boles & Lohman 2003). Pro využití mapy je potřeba citlivé vnímání geomagnetického pole Země, postavení Slunce, hvězd a důležitých orientačních bodů v krajině. Lidé používají GPS, živočichové jsou schopni využít magnetické pole Země (Johnsen & Lohmann 2005). Některé druhy používají deklinaci, která je zjišťována pomocí hvězd (Lohmann et al. 2007). Navigační mapa je jak vrozená, tak si jí musí jedinec zapamatovat sám (Wiltschko & Wiltschko 2007). Pokusy s poštovními holuby ukázaly, že mladí holubi se v neznámém místě orientovali pouze na základě magnetismu. Ale starší holubi si zapamatovali orientační body a reliéf krajiny z předchozích letů. Díky tomuto poznatku se vraceli domů rychleji (Wiltschko & Wiltschko 2001). Druhy, využívající magnetické mapy jsou mořské želvy, ptáci, aligátor severoamerický (Deutschlander & Muheim 2010), langusty, čolek zelenavý a další (Lohmann et al. 2007).

### **3.1.7 Magnetický alignment**

Magnetický alignment, neboli poziční chování se projevuje přirozeným a spontánním postavením těla. Nemá přímou souvislost s migrací živočichů. Je ale nejjednodušší formou vnímání magnetického pole Země (Begall et al. 2008). Tým Begall et al. (2013) zkoumal krávy, jeleny a srnčí na pastvinách. Zvířata měla tendenci se stavět podélně, nebo kolmo k magnetickým siločarám a to nejčastěji ze severu na jih. Význam pozičního chování může být od synchronizace ve stádě, přes krmení až po útěk (Begall et al. 2013). Nejvíce je toto chování projevováno při spánku a odpočinku (Begall et al. 2013). Poziční chování nemá v této době ještě zcela vyhraněné mechanismy a biologický význam. Předpokládá se ale, že jeho význam může ovlivnit zatím nespecifické fyziologické procesy a tím určit postavení stálého magnetického směru, který by mohl určit prostorovou orientaci (Begall et al. 2008).

Jedním z projevů magnetorecepce je spontánní směrové zarovnání těla podél magnetických siločar. Není to však náhodné chování (Wiltschko & Wiltschko 2001). Tento

projev je však pozorovatelný pouze za předpokladu, že zvíře neruší žádné vnější a závažné faktory (sklon terénu, povětrnostní podmínky, sluneční svit). Poziční chování umožňuje zvířeti v danou chvíli šetřit energii (Begall et al. 2013). Toto chování bylo popsáno u různých druhů obratlovců a v různých kontextech chování. Například u pasoucího se skotu (Begall et al. 2008; Burda et al. 2009; Slabý et al. 2013), v kádích s kapry (Hart et al. 2012), u lovicích lišek (Červený et al. 2011), u ptáků přistávajících na vodě (Hart et al. 2013), u mladých želv (Landler et al. 2015), u značkových psů (Hart kol. 2013), u divokých prasat (Červený et al. 2017), u odpočívajících plaměňáků (Nováková et al. 2017), při útěku srnčí (Obleser et al. 2016) či při orientačním chování (Benediktová et al. 2020). Wiltschko & Wiltschko (2001) přišli s teorií, že zarovnání podle magnetických čar ovlivňuje fyziologické procesy. Pravděpodobnější je však úloha v kognitivních procesech. Poziční chování pomáhá zvířatům koordinovat pohyb ve skupině, organizovat mentální mapy, měřit sklon a vzdálenost pohybu a případně zvýšit selektivní smyslovou pozornost (Burda et al. 2020). Pozorování pasení srnčí a hodnocení ulehávání naznačují, že je to projev jednoduchého bimodálního vyrovnání těla na magnetické ose. A dokonce i orientace hlavy směrem k severu (Begall et al. 2008).

### 3.2 Parkur

Parkur je jedním z nejpobulárnějších jezdeckých sportů mezi mnoha jezdeckými disciplínami (Hennessy a Quinn 2008). Podle údajů FEI přesahují na počet parkuroví jezdci a koně i drezuru. Mezi primární znaky výběru patří atletičnost, výkon, ochota a zdravotní predispozice (Koenen et al. 2004). Cílem mnoha chovatelů a většiny organizací je chovat koně, schopné soutěžit ve vrcholovém sportu. Jezdeckví je jeden z mála sportů, kde muži a ženy soutěží dohromady, navzdory rozdílům v hmotnosti a síle (Klimke 1989).

Na rozdíl od ostatních jezdeckých disciplín vzniklo skokové ježdění, neboli parkur až jako jedno z posledních. Schopný a hlavně silný skokan se používal především pro honební ježdění a v kavaleriích (Hermsen 1997). První oficiální soutěž v parkurovém skákání se konala v roce 1864 v Dublinu. Teprve v roce 1912 se skokové ježdění zařadilo mezi olympijské sporty. A to ve Stockholmu (Dohms-Warnecke et al. 2000). Zúčastnilo se celkem 40 jezdců z 8 zemí. Parkur se skládal z 15 překážek a měřil 140 cm. V soutěži jednotlivců smělo reprezentovat zem maximálně 6 jezdců (Evans et al. 2020).

Pokud se kůň, který žije na volno, ocitne před překážkou, tak jí raději obejde, nežli přiskočí. U koní je zřídka pozorováno, že v přírodních podmínkách skáčí přes překážky dobrovolně. Nicméně v nevyhnutelných situacích překonají překážku skokem. Někdy mohou skákat, ikdyž jsou dostatečně motivováni například přístupem k potravě nebo v jiných společenských situacích (Górecka-Bruzda et al. 2013). Během aktivní fáze přípravy koní se koně těchně před překážkou nachází v nevyhnutelné situaci. Kůň podléhá negativnímu posilování, protože po skoku je tlak od jezdce uvolňován. Górecka-Bruzda et al. (2013) ve své studii zkoumali pozitivní posílení. Motivačním faktorem pro skok přes překážku byl přístup k potravě. Zkoumání probíhalo jak na koních, kteří jsou sportovci a běžně skáčí, tak na koních, kteří nebyli primárně používáni na parkur. Tímto pokusem by se dalo zjistit, kteří koně doopravdy „rádi skáčí“. Pomohlo by to pak jezdcům a trenérům při výběru vhodného koně pro parkur (Górecka-Bruzda et al. 2013). Pokud se ale zaměříme přímo na sportovní koně, tak

většina z nich nemá problém s překonáním překážky. Problém může nastat až v případě, kdy musí udržet rovnováhu i s jezdcem na zádech (Hermsen 1997). Proto je důležité skokového koně postupně navykat nejen na jezdecké vybavení, jako jsou sedlo, uzdečka, kamaše atd. Ale také na váhu jezdce, kterou musí nést. Zároveň je potřeba trénovat rovnováhu a koordinaci koně samotného. Znalost vlivu tréninku je považována za nezbytnou. Trénink skákání vytváří žádoucí změny v technice skoku (Wejer et al. 2013). Příprava jak mladého koně, tak už pokročilého sportovce souvisí nejen s výcvikem přiježděnosti, ale také se stavbou parkuru. Skutečná výkonnost je ovlivněna použitím různých trénkových technik a vybavení (Murphy & Arkins 2007). Není to jen o tom si na papír nahodile rozmístit libovolný počet skoků v různém pořadí. Špatná volba obrátů a distancí pro mladého koně může zpomalit jeho výcvik, nebo ho poškodit. Nejen trénink, ale také dobré životní podmínky mohou ve sportu významně ovlivnit úspěch jedince (Pippa & Harrison 2002). Laický přístup v tréninku tak může poškodit nejen koně, ale i jezdce (Paalman 1998).

Na začátku sezony by měl být parkur postaven příjemně, aby překážky měly základní linie, musí stát na vhodném místě a opticky se doplňovat (Paalman 1998). Parkur má být plynulý. Postavení překážek a obraty by neměly být narušeny regulováním a změnou rychlosti. Základem pro správné postavení parkuru je prohlídka terénu. Zde sledujeme rozlohu a materiál povrchu. Také, jestli je povrch měkký, či tvrdý, rovný nebo zvlněný. V případě zvlněného povrchu volíme překážky tak, aby se skákaly pokud možno směrem z kopce. Podle toho pak musíme upravit vzdálenost kombinací, případně i distancí. V hlubokém terénu nestavíme překážky tak vysoké a široké. Musíme počítat i s meteorologickými vlivy. Tedy jak bude povrch vypadat po dešti. Zdali bude ještě sjízdný. Rozmístění skoků také volíme podle slunce. Tedy jak bude v kterou hodinu vysoko. Také musíme vzít v úvahu tribuny, nebo reklamní banery. Umístění skoku u vchodu/východu volíme s rozumem a dostatečnou vzdáleností (Paalman 1998). Také záleží na stáří koně. Kůň je především stádové zvíře. A u mladého koně by se mohlo stát, že nás odveze za ostatními koňmi. Proto pro mladé koně překážky u východu moc nestavíme. U mladých koní je snažší postavit první dvě překážky směrem ke koním. Dá jim to šanci chytit dobré tempo a zbytek překážek už není takový problém (Paalman 1998). Rozmístění celého parkuru se pak mění podle toho, zdali do parkuru začleníme vodní příkop. Plocha kolbiště pro vodní příkop musí být dostatečně velká, aby se kolem vodního příkopu daly umístit ostatní překážky. Skoky na velkých soutěžích by měly být co nejvíce diferencované. Skoková pravidla FEI říkají, že různorodost je vzácný prvek zájmu pro závodníky i pro diváky a musí být zachován za každou cenu. Navíc musí kůň i jezdec získávat zkušenosti a umět se přizpůsobit daným podmínkám (Stachurská et al. 2002). Sasimowski et al. (1986) provedli studii podmínek kurzu. Zjistili, že povrch kolbiště se liší.

V poslední době byly u koní zkoumány visuomotorické vlivy na kinematiku cvalového skoku. Murphy a Arkins (2007) porovnávali u koní kinematiku binokulárního a monokulárního vidění. Během testování se koně přibližovali ke skokům ve směru a proti směru hodinových ručiček. Pouze u samců byla kinematika cvalových skoků narušena na pravé monokulární vidění, když najížděli na skok ve směru hodinových ručiček. To dokazuje, že u koní existuje spojitost mezi hloubkou a vizuální lateralizací (Tomkins et al. 2010). Schopnost posoudit vzdálenost a vnímat trojrozměrné objekty (jako například překážky), jsou vnímány binokulárně.

### 3.2.1 Technika skoku

Na italských školách kavalérie působí Frederico Caprilli (1898 – 1908). Jeho teorií je, že koně nesmí před, v ani po skoku nic rušit (Dohms-Warnecke et al. 2000). Výzkum koňské motoriky se v posledních letech posunul díky pokroku v technologii analýzy pohybu. Video hardware sleduje pohyb ve třech rovinách a určí tak polohu těžiště koně (Colborne et al. 1995). Analýza ohnutí a narovnání předních a zadních končetin ukázala, že energií pro skok jsou právě zadní končetiny (Pippa & Harrison 2002). Za zakladatele moderního skokového stylu se považuje Frederico Caprilli (Hermsen 1997). Ten jako první představil nový styl sedu jezdce, kterým se přizpůsobuje pohybu koně. Dříve se na koních skákalo stejným stylem, jako když se na něm klusalo či cválalo. Jezdec v koni tedy „seděl“ i nad skokem. Kůň ve skoku tak vypadal v křeči, měl prohnutá záda a díky působení otěže i otevřenou tlamu (Němeček et al. 2018). Frederico přišel s moderním skokovým sedem poté, co viděl koně na volno přeskakovat přes přírodní překážku. Všiml si, že když je neomezuje jezdec, tak nad skokem koně sníží hlavu a vyklenou hřbet. Silueta nad skokem pak připomíná jakýsi luk. Technika skoku se u koně může tréninkem měnit (Wejer et al. 2013). Z tohoto důvodu přišel s teorií moderního jezdeckého sedu, který používáme doteď (Hermsen 1997). Tedy že nad skokem uvolníme koni záda tím, že zvedneme zadek ze sedla. Trup mírně předkloníme a váha jezdce tak spočívá skrz stehna a kolena ve třmenech. Prošlápnutím paty zajistíme pevnou holeň. Paže jsou podél těla, ruce neustále sledují pohyb hlavy a krku. Nabídneme koni oěž posunutím ruky směrem k hubě koně. To mu dá možnost snížit hlavu a udělat mnohem příjemnější a pro něj přirozenější pohyb. Tomuto sedu říkáme lehký stehnový sed (Hermsen 1997). Nový skokový styl je pak ve 20. a 30. letech spojen s řadou úspěchů na mezinárodních závodech. Za začlenění jezdeckví mezi olympijské sporty vděčíme švédskému hraběti Clarensi Rosenovi. Zájem o závody stoupá a předváděné dvojice ukazují kvalitní výkony. Po konci druhé světové války již koně nejsou potřební pro kavalerii, ani pro hospodářské odvětví. A tak slouží především pro vyplnění volného času. Zájem o jezdecký sport neustále narůstá.

### 3.2.2 Překážky

Překážky musí být jak tvarem, tak vzhledem lákavé, různorodé a ladící s okolím (FEI 2022). Měly by být přehledné s co nejširším průčelím. Svislé skoky by se měly střídat se šířkovými (Paalman 1989). Všechny části překážek musí být vyrobeny tak, aby mylo možné je shodit. Na druhou stranu nesmí být tak lehce shoditelné, aby spadly při pouhém doteku, nebo natolik těžké, aby zavinily pád či zranění koně. Sice nebyly provedeny studie, které by systematicky analyzovaly vliv překážky a povrchu na schopnost bezchybného překonání překážky. Nicméně existují publikace, které vycházejí ze zkušeností jezdců a trenérů (Gego a Schmidt 1982; Watts 1979). Veškeré překážky musí být stavěny za předpokladu sportovního zápolení. Je potřeba dodržet pravidla, bojovat čestně a dodržet férové chování (fair play). Blaho koně se stává stále důležitějším kritériem napříč všemi koňskými sporty (Stachurská et al. 2002).

Bariéry i ostatní prvky překážky se umísťují do háků (Obrázek č.1). Bariéra se v háku nesmí otáčet. Proto je hloubka háku 18 až 30 mm (FEI 2022). V případě použití plotů, válců, branek, prken a jiných musí být hák otevřenější, či dokonce plochý. Každý skok má vpravo

červené praporky a vlevo bílé praporky (FEI 2022). Jedná li se o oxer, nebo tripplebar, pak jsou praporky na všech stojanech. V případně vodního příkopu umístíme praporky na odskok i na doskok. Každá překážka má také své číslo. V případě dvojskoku, nebo trojskoku se přidávají pro rozlišení písmena A, B a C. Dříve se čísla umísťovala doprava nahoru, aby je jezdec stihl přečíst (Paalman 1989). Což reálně v té rychlosti skoro není možné. Nyní se čísla a písmena většinou umísťují vpravo na zem (Skoková pravidla ČJF 2021).

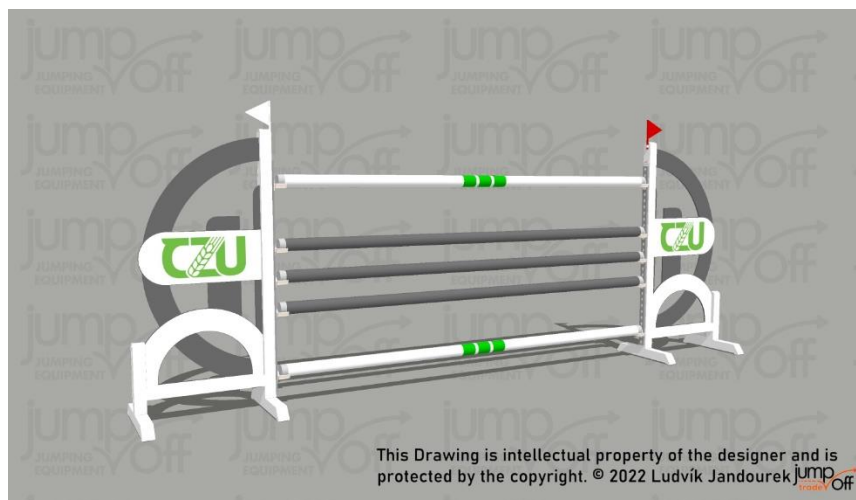
Nátěr překážek by měl být takový, aby se bariéry daly odlišit od podkladu (Paalman 1989). I tato skutečnost je mnohými staviteli využívána, jako ztížení parkuru. Když na světlý písek postavím bíle natřený skok, bude větší pravděpodobnost, že na něm koně udělají chybu. Jelikož jim skok bude splývat s povrchem. Byly provedeny studie týkající se barevného vidění u koní. Na základě výzkumu Pick et al. (1994) bylo zjištěno, že koně jsou citliví na modrou a červenou. Naopak na žlutou nejsou citliví vůbec. Smith a Goldman (1999) naopak zjistili, že koně mohou rozlišit červenou, žlutou, zelenou a modrou od různých ostínů šedé.



Obrázek č.1 Bezpečnostní hák; zdroj: Manuál pro stewardy 2021

### 3.2.2.1 Výškové

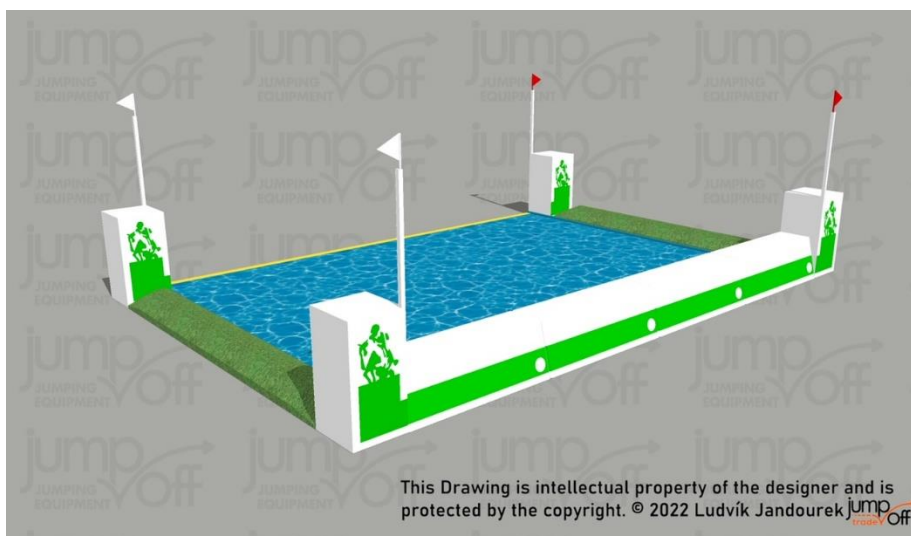
Výškovým překážkám se lidově říká „kolmák“ (Obrázek č. 2). Překážka je považována za kolmou pouze v případě, že se chyby počítají pouze na horní bariéře (FEI 2022). Takováto překážka může obsahovat nejen bariéry, ale také ploty, prkna, branky a jiné. Všechny prvky musí být samozřejmě shoditelné.



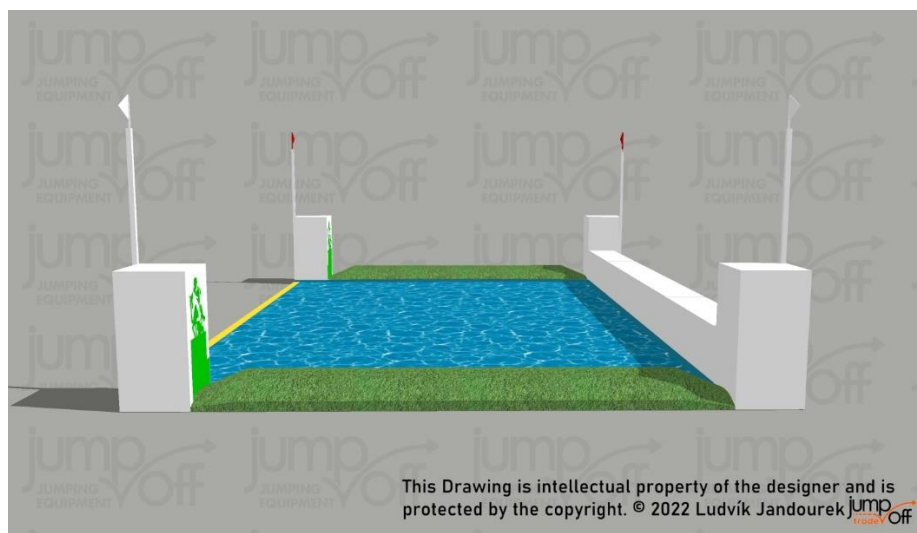
Obrázek č. 2 kolmák = svislý skok; zdroj: Ludvík Jandourek

### 3.2.2.2 Šířkové

Šířkovým typem skoku je vodní příkop. Jelikož je skok prováděn pouze do dálky, nikoliv do výšky (Obrázek č. 3a, 3b). Je jím taková překážka, která neobsahuje žádnou další překážku před, ani za vodní hladinou (FEI 2022). Může být ale umístěna bariéra nad vodní příkop. Takovému skoku potom říkáme Liverpool. Tento typ skoku je pro koně snáze skákatelný (Stachurská et al. 2002). Musí však u něj být použity bezpečnostní háky. Minimální šířka vodního příkopu je 200 cm (pouze pokud je použit jako vodní příkop; jedná li se o Liverpool, pak musí být šířka maximálně 200 cm). Vodní příkop musí být vždy zapuštěn do země. Těsně na úpatí vodního příkopu se dávají odskokové prvky ve formě proutění, nebo malé bílé zídky. Výška těchto odskokových prvků se pohybuje v rozmezí od 40 do 50 cm (FEI 2022). Na doskoku vodního příkopu bývá bílá lišta, na které je modelovací hmota (Skoková pravidla ČJF 2021). Hmota je položena na bílou lať, která je 6 až 8 cm široká. Hmota je tlustá přibližně 1 cm a musí být měněna pokaždé, když se jí kůň dotkne (FEI 2022). V případě nejasností pak rozhodčí jasně poznají, zda na skoku byla chyba, nebo ne. Protože vidí otisk podkovy. Pokud je dno vodního skoku z betonu, či jiného tvrdého materiálu, je nutno ho překrýt měkčím materiálem. Například kokosovou, nebo gumovou rohoží (FEI 2022).



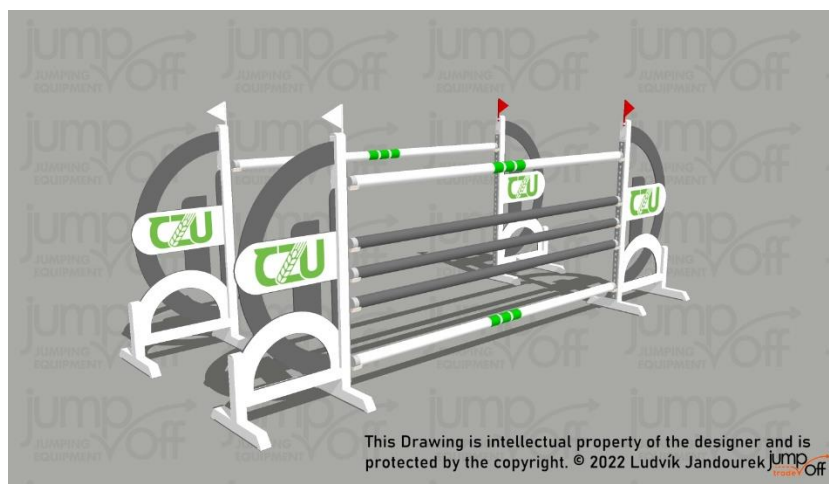
Obrázek č. 3a vodní příkop = šířkový skok; zdroj: Ludvík Jandourek



Obrázek č. 3b vodní příkop, pohled z boku; zdroj: Ludvík Jandourek

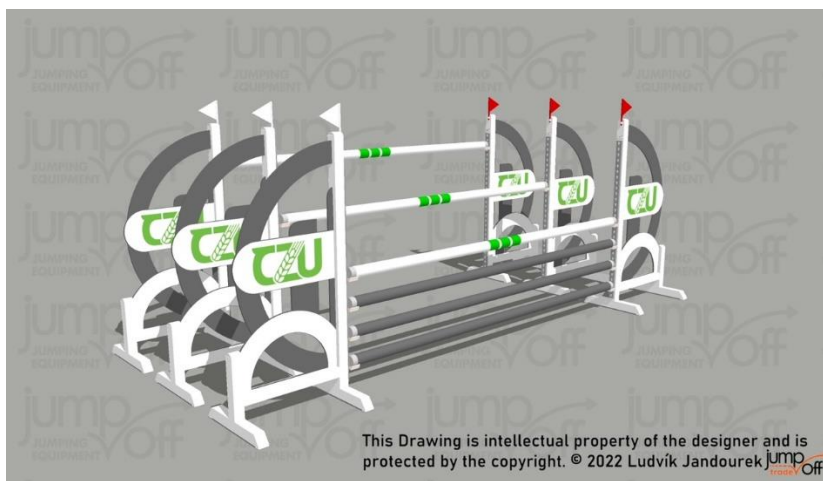
### 3.2.2.3 Výškošířkové

Nejčastěji používanou výškošířkovou překážkou je takzvaný „oxer“ (Obrázek č. 4). Je konstruován jako výškový skok, jen je k němu přidána jedna zadní bariéra. Dalším typem výškošířkového skoku je „triplebar“ (Obrázek č. 5). První část překážky začíná níže, pak následuje prostřední a zadní bariéra. Výškošířkovou překážkou je překážka, která je postavena způsobem, který vyžaduje skok do výšky i do dálky. Na zadní bariéře všech výškošířkových překážek musí být umístěny bezpečnostní háky, schválené FEI (Skoková pravidla ČJF 2021). Tyto háky mají padací systém, který eliminuje případný problém na skoku. Jejich funkce spočívá v tom, že při tlaku na bariéru zvrchu, hák povolí a propadne se dolů na zem. Bezpečnostní háky musí být v případě triplebaru také na střední bariéře (Skoková pravidla ČJF 2021). Triplebar může mít také podobu „vějíře“, kdy na všech bariérách na otevřené straně jsou bezpečnostní háky. Vějíř tedy vypadá tak, že na jedné straně jsou všechny bariéry na jednom stojanu a na druhé straně má každá bariéra svůj stojan, který se otevírá, aby tvarem připomínal právě zmiňovaný vějíř. Bezpečnostními háky musí být vybaveny výškošířkové skoky nejen na kolbišti, ale také na opracovišti (FEI 2022).





Obrázek č. 4 oxer = výškošířkový skok; zdroj: Ludvík Jandourek

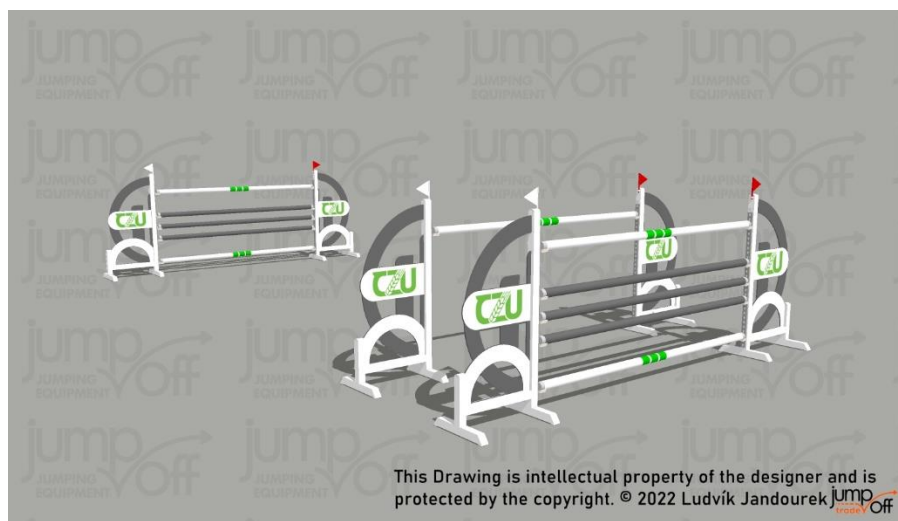


Obrázek č. 5 tripplebar; zdroj: Ludvík Jandourek

### 3.2.3 Pravidla

V průběhu parkuru je dvojice jezdec a kůň penalizována za poboření překážky či pádu horní bariéry u překážky. Dále za to, když se podkovou, nebo nohou dotkne vodní hladiny, případně bílé lišty u vodního příkopu (FEI 2022). Obvykle je součet trestných bodů za chyby na překážkách a překročení stanoveného času, výsledkem, kterého dvojice v průběhu parkuru dosáhla (Marlin & Williams 2020).

Existují však i soutěže, kde rozhodčí hodnotí styl jezdce, nebo styl koně. Pokud se jedná o soutěž, hodnocenou na styl jezdce, tak se soutěže může účastnit maximálně 25 dvojic. V případě překročení tohoto počtu, se startovní pole dělí na dvě poloviny. Maximální počet dvojic pro hodnocení jednoho komisaře na den je 75 (ČJF 2021). Ti bedlivě pozorují výkon dvojice na parkuru. Hodnotí plynulost pohybu po parkuru, správný počet cvalových skoků v distancích, dvojskoků (Obrázek č. 6) a trojskoků. Také hodnotí pružnost a odlehčenost sedu, práci sedu a holení a jezdcovu ruku. Po dojetí parkuru podá komise slovní hodnocení a přidělí počet bodů na stupnici od 0 do 10 (ČJF 2021). V případě, že se dvojice na parkuru dopustila chyb, nebo překročení času, tak se odečítají body ze stylové známky. Ekvivalentem pro chybu (čili 4 trestné body) je odečtení 0,5 bodu. Za překročení stanoveného času za každou započatou sekundu 0,1 bodu (ČJF 2021).



Obrázek č. 6 dvojskok; zdroj: Ludvík Jandourek

Jestliže bude soutěž o nejlepší styl koně, tak jsou v kolbišti přítomni dva komisaři. Hodnotí třemi známkami od 0 do 10. První kategorie hodnocení je provedení skoku. Dále se hodnotí obratnost a jako poslední připravenost koně (ČJF 2021). Soutěže na hodnocení stylu koně můžeme nejčastěji vidět jako kritéria mladých koní (KMK). Dalším typem soutěže je stupňovaná obtížnost. V této soutěži získává jezdec počet dobrých bodů za bezchybně absolvovanou překážku (ČJF 2021). Tedy pokud překoná překážku číslo jedna, má jeden bod. Když překoná druhou překážku, má dva body, celkem tedy tři. Tímto způsobem se přičítají dobré body. Vítězem je ta dvojice, která má na kontě nejvíc dobrých bodů v nejlepším čase. Trestné body se odečítají pouze za čas. Protože když by jezdec shodil překážku, tak se mu nepřičtou dobré body, za její absolvování. Pokud se pojede soutěž, která je vypsána na čas, tak v případě shodnosti bodů na prvním a dalších místech se bere v úvahu dosažený čas (FEI 2022). Cílem dvojice je tedy překonat parkur bez trestných bodů a pokud možno v co nejrychlejším čase.

V případě, že se jedná o soutěž s rozeskakováním, tak na čase základního kola úplně nezáleží. Čas je rozhodující až v „rozeskakování“. Za předpokladu, že bude více dvojic se stejným výsledkem v základním kole, se postupuje následovně. Tedy nejprve se vezmou všechny dvojice bez trestných bodů. Ty poté postupují do rozeskakování. Tam už jde o čas. Po odjetí všech dvojic, které postoupily ze základního kola, se opět vezmou všechny dvojice bez trestných bodů. Následně se seřadí podle časů od nejrychlejšího po nejpomalejšího. Pak se berou dvojice s jedním trestným bodem a zase se řadí od nejlepšího času. Takhle to postupuje až po poslední dvojice, které mohou být klidně z rozeskakování vyloučeny. Teprve poté se berou dvojice, které si ze základního kola přivezly nějaké trestné body. A řadí se opět od jednoho trestného bodu od nejrychlejšího času po nejpomalejší. Pak dvojice se dvěma trestnými body a zase od nejrychlejšího času po nejpomalejší. Další, za co může být dvojice penalizována je neposlušnost. Tedy vyběhnutí, zastavení či odmítnutí poslušnosti. Také vybočení na parkuru, nebo nedovolená pomoc (FEI 2022).

### 3.2.3.1 Chyby v parkuru

Překážka je považována za pobořenou, pokud v důsledku chyby jezdce či koně spadla celá překážka, nebo nejvyšší část kteréhokoli jejího kolmého prvku. To platí i v případě, že je padající část během svého pádu zachycena jinou částí překážky (FEI 2022). Za chybu je také brána situace, kdy alespoň jeden konec vodorovného prvku nespočívá v háku, nebo jiné podpěře. U kolmé překážky nebo části překážky, která se skládá ze dvou a/nebo více prvků, umístěných nad sebou, se penalizuje pouze shození nejvyššího prvku. Jestliže se jedná o výškošírkovou překážku (tedy z prvků, které nejsou umístěny v jedné rovině), počítá se shození jednoho nebo více horních prvků za jednu chybu. Bez ohledu, jestli spadla jedna, či více bariér (FEI 2022). Ve všech těchto případech jsou dvojici připisovány 4 trestné body. Stromky, proutě a jiné věci užívané k výplni překážek, nepodléhají penalizaci (Skoková pravidla ČJF 2021).

Za poboření se ale nepovažuje dotek, nebo posunutí jakékoliv části překážky, či praporků a to v libovolném směru. V případě pochybností by měl sbor rozhodčích rozhodnout ve prospěch soutěžícího. Pokud některá část překážky, která byla pobořena, brání dvojici ve skoku přes jinou překážku, musí být dáno znamení zvoncem (Marlin & Williams 2020). Technický personál pobořenou část překážky odstraní. Poté je opět dáno znamení zvoncem a dvojice může pokračovat. V takovém případě se dvojici nepřipočítává časová korekce. Jestliže dvojice absolvuje překážku, která z jakéhokoli důvodu nebyla opravena (po předchozí dvojici, nebo se posunula povětrnostními podmínkami), není penalizována. Pokud by jí ale dvojice pobořila, je penalizována podle tabulky pro danou soutěž (FEI 2022). Výjimkou chyby je taková, která spadne až po projetí cílem. Tedy že bariéra poslední překážky je třeba rozkývána, ale spadne na zem, až když dvojice protne cílovou čáru. V takovémto případě se to jako chyba nepočítá. Stejně tak pokud jezdec, kůň, nebo oba spadnou, ještě před protnutím startovní linie, pak tento pád nevylučuje. Pád po projetí cílové linie také nevylučuje (FEI 2022).

### 3.2.3.2 Neposlušnosti a vyloučení

Za neposlušnost se považuje zastavení před překážkou, vybočení, odepření pohybu. Také plus mínus pravidelně udělaný kruh (či skupina kruhů), provedený na kterémkoliv místě parkuru a z jakýchkoli důvodů (FEI 2022). Chybou je také udělat kruh po absolvování poslední překážky těsně před projetím cíle (Skoková pravidla ČJF 2021).

Poboření, nebo posunutí překážky, či její části, případně praporků při neposlušnosti, je penalizováno jako zastavení před překážkou. V takovém případě (po neposlušnosti, kdy je pobořena překážka; i kdyby spadla pouze jedna bariéra) je toto považováno jako neposlušnost. Je dáno znamení zvoncem, čas je pozastaven a překážka je uvedena do původního stavu. Taková chyba je pak brána jako neposlušnost. A kromě 4 trestných bodů je dvojici připočítána šestivteřinová časová korekce (FEI 2022). Vylučující je také nedodržení dráhy parkuru. To se může stát v případech, kdy dvojice nerespektuje dráhu parkuru. Tedy že neprojde startovní nebo cílovou čarou mezi praporky a ve správném směru. Nebo když dvojice neabsolvuje překážku v předepsaném směru, či pořadí, které je vyznačeno na plánu parkuru. Vylučuje také skok, nebo pokus o překonání překážky, které sice stojí na daném kolbišti, ale není zařazena do parkuru. Vylučuje samozřejmě i vynechání překážky. Také neopravený omyl je penalizován

vyločením (FEI 2022). Zastavení před překážkou vypadá tak, že kůň zastaví před překážkou, kterou má skákat. V případě, že kůň zastaví před překážkou a bez couvnutí se odrazí a absolvuje překážku, pak se to nepovažuje za zastavení. Dvojice je tak penalizována pouze za poboření překážky (FEI 2022). Za vybočení se považuje, když kůň mine překážku, nebo bod průjezdu, kterým měl projet. Jestliže dvojice skočí překážku mezi dvěma červenými, nebo dvěma bílými praporky (tedy že v oxeru či vodním příkopu skočí doprava, nebo doleva), nebyla překážka skočena správně. Dvojice je penalizována za vybočení a musí překážku skočit znovu správným směrem. Za vybočení je považováno, i když kůň, nebo jeho část, mine průčelí překážky, kterou má skákat. Tedy i cílovou čáru.

Odepření pohybu je jasně znatelné. Kůň odmítá pohyb dopředu, zcela se zastaví, či provede několik půlobratů, vzpíná se nebo couvá. Za odepření pohybu se ale také považuje, když jezdec zastaví koně z jakéhokoliv důvodu. Výjimkou je špatné opravení překážky, nebo sdělení nepředvídaných okolností sboru rozhodčích. Odepření pohybu je penalizováno jako zastavení před překážkou, pokud je delší, než 45 vteřin (FEI 2022). Za pád se považuje, když se jezdec, ať už dobrovolně, nebo nedobrovolně, odpoutal od svého koně. Pád je to tehdy, kdy se jezdec dotkne země anebo potřebuje nějakou podporu, či pomoc, aby se dostal zpět do sedla. Pokud není jisté, že jezdec použil podporu, nebo cizí pomoc, aby zabránil pádu, musí být rozhodnuto ve prospěch jezdce. Za pád koně se považuje, když se jeho plec a kyčle dotkly země, nebo překážky a země (FEI 2022).

Nedovolená pomoc je jakýkoliv fyzický zásah jiné osoby, který je poskytnut mezi projetím startovní čáry ve správném směru a projetím cílové čáry ve správném směru (Skoková pravidla ČJF 2021). Tedy pokud jezdcí spadne bič, zatímco si prohlíží parkur a někdo mu ho podá, tak to není bráno, jako nedovolená pomoc. Pokud by ale bič spadl například za třetí překážkou, jezdec by přibrzdil a kdokoliv mu ho podal, pak je to nedovolená pomoc a dvojice je vyloučena. Je jedno, jestli je pomoc vyžadována, nebo není. Když už je zmíněno podání biče, tak další vylučující případy jsou úprava výstroje a uždění. Podání helmy či brýlí i během parkuru se ale za nepovolenou pomoc nepovažuje. Sluchátka, nebo jiné elektronické přístroje ke komunikaci jsou striktně zakázány a penalizovány vyloučením pouze v parkuru. Nikoliv na opravovišti (FEI 2022).

Vylučující je pád. A to jak jezdce, tak koně, případně obou. V neposlední řadě je dvojice penalizována za překročení stanoveného nebo přípustného času. Vyloučení znamená, že dvojice, nebo jezdec či kůň nesmí v dané soutěži pokračovat. Vyloučení ze soutěže může být i zpětné. Pokud je dvojice vyloučena, má právo skočit opravný skok (FEI 2022). Opravný skok je taková překážka, která by měla být pro dvojici snadno překonatelná. Je to něco jako poslední pokus pro překonání překážky. Tohoto práva často využívají jezdci s mladými koňmi, nebo při vyloučení na vodním příkopě (Stachurská et al. 2002). Právo na opravný skok pozbývá platnosti v případě, že je dvojice vyloučena pro pád (FEI 2022).

Pokud dvojice odstartuje předčasně (před zazvoněním zvonce) je také vyloučena. V případě nepřekonání překážky a odírání pohybu po dobu delší, než 45 vteřin, následuje vyloučení. Omylem skočená překážka také vylučuje. Stejně tak i skočení překážky ve špatném směru či vynechání překážky. Vylučující je také případ, kdy kůň „odveze“ jezdce z kolbiště. Jakmile by sbor rozhodčích uznal, že kůň není schopen k výkonu na parkuru, nebo že má například krev ve slabinách či hubě, tak je také vyloučen.

### 3.2.3.3 Měření času

Čas se měří v sekundách a setinách sekund. Je to doba, kterou dvojice potřebuje na překonání celého parkuru i s připočtením času korekcí. V případě, že nějaké jsou. Čas se započítává od okamžiku projetí startovní čáry (FEI 2022). Obojí samozřejmě platí po projetí správným směrem a absolvování všech překážek. Nebo po uplynutí 45 vteřinové lhůty, kterou má dvojice od znamení zvoncem.

Stanovený čas je u každé soutěže jiný. Je vypočítán na základě délky parkuru a rychlosti stanovené na základě výše překážek, obtížnosti soutěže a velikosti kolbiště (FEI 2022). Také ještě záleží na tom, zdali je soutěž v hale, nebo na venkovním kolbišti. Přípustný čas je dvojnásobek stanoveného času. Překročení přípustného času dvojici vylučuje. Při jedné soutěži se musí používat stejná časomíra. K naprosto přesnému a férovému měření času se používají automatické fotobuňky. Tato zařízení jsou povinná pro Olympijské a Regionální hry, mistrovství, finále Světového poháru, CSIO a CSI (FEI 2022). Pro kontrolu v případě poruchy automatického měřiče je potřeba dvou digitálních stopky. Na měření mezi zazvoněním a odstartováním, nebo počítání neposlušnosti, či časovém limitu při odepření pohybu jsou použity další stopky (FEI 2022). K určení času dvojice nesmí být použit videozáznam (Skoková pravidla ČJF 2021). V případě přerušení času se jezdec smí pohybovat po kolbišti až do doby, kdy mu je zvoncem oznámeno, že může v soutěži pokračovat. Časomíra se pak opět spouští v okamžiku, kdy jezdec dojede na stejné místo, kde byl čas přerušen. V případě neposlušnosti s pobořením překážky, se spouští časomíra ve chvíli, kdy kůň při odskoku opouští zem právě na překážce, kde došlo k neposlušnosti. Pokud neposlušnost nastala na druhé, nebo třetí překážce kombinace, se čas spouští když kůň odskakuje první část kombinace (FEI 2022).

Za spuštění a zastavení časomíry odpovídá sbor rozhodčích, nikoli časoměřič. V případě, že dvojice nemůže v parkuru pokračovat, kvůli nepředvídaným okolnostem, musí být dáno znamení zvoncem. Jakmile je parkur uveden do sjízdného stavu, je dáno znamení zvoncem. Když dvojice dojede na místo, kde došlo k zastavení času, je časomíra opět spuštěna. V takovémto případě se nepřipočítává šestivteřinová časová korekce. Jestliže se soutěžící po zazvonění zvoncem nezastaví, pokračuje v parkuru na vlastní nebezpečí a čas se tak nezastavuje. Jestliže se jezdec sám zastaví, aby upozornil na překážku ve špatném stavu, musí se zastavit čas a překážka se musí nechat prověřit. Pokud je překážka v pořádku, je jezdec penalizován za zastavení v parkuru. Dostane 4 trestné body a připočítá se šestivteřinová časová korekce. Pokud je ale překážka ve špatném stavu a potřebuje opravu, není soutěžící penalizován. Čas přerušení se tak nepočítá. Soutěžícímu je odečten čas zdržení, který byl způsoben opravou překážky (FEI 2022).

Chyby jsou penalizovány trestnými body na základě tabulek. Rozdělujeme hodnocení dle tabulky A a dle tabulky C. Tabulka C je hodnocená převážně na čas a není tak často používána. Šířeji se tedy podíváme na tabulku A. Každé shoení překážky je penalizováno 4 trestnými body. První neposlušnost, nebo poboření překážky také 4 trestné body. V případě doteku, nebo šlápnutí do vodní hladiny ve vodním příkopu, také 4 trestné body. U vodního příkopu se počítají 4 trestné body také v případě, že se dotkne bílé lišty na hraně doskoku. Jestliže máme skok typu Liverpool, tak se počítají 4 trestné body při shoení bariéry nad vodou. Nikoli však při šlápnutí do vody, nebo doteku bílé lišty. Pád jezdce, koně, nebo obou vylučuje. Druhá neposlušnost také vylučuje. Pokud je překročen stanovený čas, tak se přičítá 1 trestný

bod za každé 4 započaté sekundy (FEI 2022). Tedy pokud bude stanovený čas 65 sekund a jezdec stráví na parkuru 65,75 vteřin, pak má 1 trestný bod (v případě, že se nedopustil na parkuru žádné další chyby). Pokud projede parkurem v čase 68,99 vteřin, i tak má jen 1 trestný bod. Ve chvíli, kdy dosáhne času 70,23 vteřin, má už 2 trestné body. Pokud se po základním kole přesuneme do rozeskakování, tak už jezdec za překročení stanoveného času získává 1 trestný bod za každou započatou sekundu (FEI 2022). Faktor času nebyl v této studii zohledněn. Nicméně data jsou shromážděna a budou dále využita pro další pozorování.

## 4 Metodika

V rámci této práce bylo zapotřebí vybrat vhodné parkurové soutěže. Pro zachování nejvyššího standardu kvality parkurů a jezdeckých výkonů, byly zvoleny soutěže z celosvětové série Longines Global Champions Tour 2018. Pro zajištění co největší rozmanitosti byly voleny takové závody, aby obsáhly jak parkury na trávě, tak na písku. Zároveň byly zvoleny parkury, konající se v hale i na otevřeném kolbišti. V rámci studia magnetorecepce byly vybrány mítinky na různých místech po celém světě.

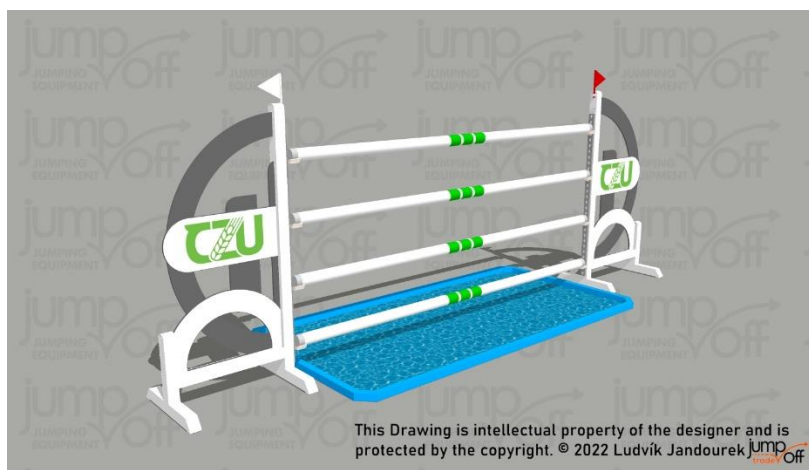
Vybráno bylo celkem 8 soutěží s rovnoměrným zastoupením travnatých a písčitých povrchů (4 a 4). Soutěže, konané v hale byly v celém seriálu pouze dvě, obě byly zařazeny do našeho pozorování. V každé soutěži bylo na startovním poli minimálně 30 jezdců, s výjimkou Prahy. Všechny soutěže byly na úrovni CSI5\* a jednalo se o základní kola. Chyba se hodnotila jako shoení vrchní bariéry, šlápnutí do vody, nebo dotek kopyta na bílou pásku. Dále také zastavení, pád anebo shoení překážky. V následující tabulce (Tabulka č. 1) jsou uvedeny sledované závody. Spolu s nimi je i informace o datu, povrchu, počtu zúčastněných jezdců, a zdali se závod jel v hale, nebo na venkovním kolbišti.

Tabulka č. 1 Jednotlivé soutěže Longines Global Champions Tour 2018 a jejich základní charakteristiky.

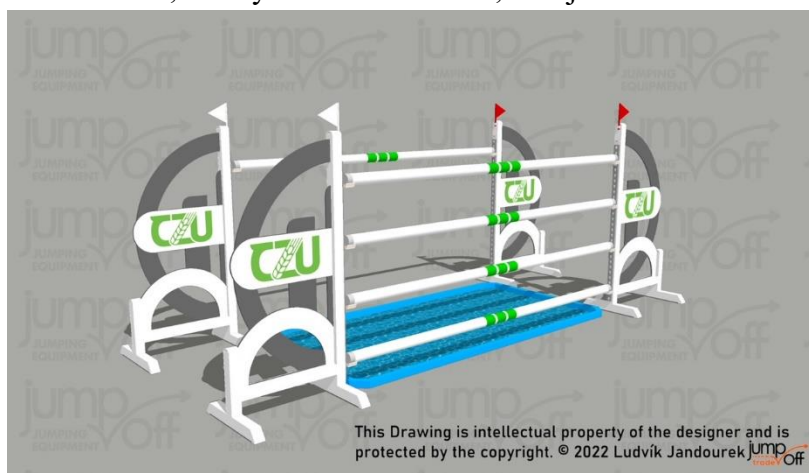
Místo konání	Stát	Datum konání	Povrch	Hala	Jezdci
<b>Mexico City</b>	MEX	24 March 2018 16:15	Tráva	Ne	33
<b>Miami Beach</b>	USA	7 April 2018 17:20	Písek	Ne	35
<b>Madrid</b>	ESP	5 May 2018 18:45	Tráva	Ne	35
<b>Hamburg</b>	DEU	12 May 2018 15:45	Tráva	Ne	35
<b>Paris</b>	FRA	7 July 2018 19:15	Písek	Ne	35
<b>London</b>	GBR	4 August 2018 17:15	Písek	Ne	34
<b>Doha</b>	QAT	10 November 2018 17:45	Písek	Ano	34
<b>Prague</b>	CZE	15 December 2018 20:30	Písek	Ano	16

### 4.1 Typy překážek

Celkové množství překážek bylo 129. Z toho bylo 63 oxerů, 62 kolmých překážek, 2 vodní příkopy a 2 tripplebary. Znamenával se také rozdíl mezi klasickým kolmým skokem a kolmým skokem s bazénkem (Obrázek č. 7). Stejně tak tomu bylo i u oxeru. Tedy jestli to byl samostatný oxer, nebo oxer s bazénkem (Obrázek č. 8). V každém závodě se také sledoval typ překážek, počet překážek a počet skoků, délka dráhy parkuru, tempo a výška skoků. Výška všech překážek dosahovala 160 cm. Pro dané soutěže bylo pravidly stanoveno tempo 375 m/min (FEI 2018). Délka parkurů byla v rozmezí 450 – 520 m. Překážky se kromě typu dělily dle směru nájezdu na překážku oproti směru magnetického severu Země.



Obrázek č. 7, kolmý skok s bazénkem; zdroj: Ludvík Jandourek



Obrázek č. 8, oxer s bazénkem; zdroj: Ludvík Jandourek

V následující tabulce č. 2 je zobrazen výtah z kompletní tabulky přehledu o překážkách.

Tabulka č. 2 Jednotlivé typy překážek

Místo	Oxery	Kolmé skoky	Vodní přek.	Tripplebar
<b>Mexico City</b>	9	6	1	0
<b>Miami Beach</b>	7	7	2	0
<b>Madrid</b>	6	7	2	1
<b>Hamburg</b>	8	7	1	0
<b>Paris</b>	8	8	0	0
<b>London</b>	7	7	2	0
<b>Doha</b>	6	7	2	1
<b>Prague</b>	7	7	2	0

## 4.2 Jezdci

V rámci série Longines Global Champions Tour v roce 2018 se soutěží účastnilo 96 jezdců s různým zastoupením věku a pohlaví. Průměrný věk byl 39 let. Longines Ranking, tedy



i počet vítězství bylo dohledáno přes FEI sportApp. Dále se zaznamenával počet startů v kariéře a počet vítězství.

V Tabulce č. 3 je vidět výtažek z kompletní tabulky přehledu o jezdcích, kde LR znamená Longines Ranking (celosvětové pořadí jezdců).

Tabulka č. 3 Příklady informací o jezdcích

Jméno	Věk	Počet startů	Vítězství	Pohlaví	LR
<b>Frank Shuttert</b>	28	2632	45	muž	165
<b>Daniel Deusser</b>	40	3026	156	muž	1
<b>Ben Maher</b>	38	2111	137	muž	12
<b>Penelope Leprevost</b>	41	2749	109	žena	46

### 4.3 Koně

Jezdci závodili celkem se 154 koňmi. Průměrný věk koní byl 14,37 let. U koní se kromě věku zaznamenávalo pohlaví, přesné datum narození, barva, plemenná příslušnost, otec, matka, počet startů v kariéře a počet vítězství. Tyto informace jsou v práci uvedeny pouze pro přehled.

V Tabulce č. 4 je vidět výtažek z kompletní tabulky přehledu o koních.

Tabulka č. 4 Příklady informací o koních

Jméno	Věk	Narození	Pohlaví	Barva	Plemeno	Starty	Výhry
<b>Admara 2</b>	16	17. 4. 2005	valach	hnědá	KWPN	347	25
<b>Balguero</b>	15	1. 2. 2006	valach	hnědá	OS	195	5
<b>Claire Z</b>	13	23. 5. 2008	klisna	hnědá	ZANG	273	6
<b>Lukas</b>	12	2. 6. 2009	hřebec	šiml	WEST	147	3

### 4.4 Magnetorecepce

Pro změření směru magnetického pole Země byly použity jednotlivé plánky parkurů. Plánky byly volně ke stažení na portálu Longines timing (<https://www.longinestiming.com/equestrian/2018>). Na tomto odkaze byly rovněž k dohledání startovní a výsledkové listiny. Pro zanesení do tabulky bylo potřeba znát jezdce, jméno koně, počet trestných bodů v základním kole i v rozeskakování a čas základního kola i rozeskakování.

Za pomoci aplikace Google Earth jsme přesně zjistili polohu závodiště. Do tohoto místa jsme zanesli plánek parkuru. Pro kontrolu jsme ještě použili mapy.cz, abychom znali orientaci k severu. Ve chvíli, kdy jsme znali polohu plánku na mapě, bylo potřeba onen plánek zvětšit, aby z něj data byla čitelná. Důležité přitom bylo, aby úhel umístění plánku zůstal nezměněn.

Následně jsme do plánku parkuru zakreslili šipky ve směru nájezdu na překážku. Poté se k plánku vložila růžice a zorientovala se podle magnetického Severu. Šipky se poté přenesly na růžici, kde bylo jasně znát, jaký svírají úhel nájezdu. Kromě toho bylo samozřejmě provedeno i ruční měření. Kdy se vytištěné plánky parkuru zorientovaly opět podle Google Earth a k nim byla pomyslně přiložena severo-j jižní magnetická osa. Pomocí úhloměřů se změřil úhel nájezdu. Měření bylo pro kontrolu provedeno třikrát pro všech 8 závodů.

Lokalitu jsme ještě jednou našli na webu <https://www.magnetic-declination.com/>, kde byla zjištěna aktuální magnetická deklinace. Následně jsme pomocí online kalkulačky na internetovém [portálu \(https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml?#igrfwmm\)](https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/calculators/magcalc.shtml?#igrfwmm) zjistili magnetickou deklinaci v daný den a místě soutěže (čili před 4 lety).

Hlavní pozorování poté probíhalo tak, že jsme ze záznamů jednotlivých závodů sledovali základní kola všech dvojic. Do tabulek jsme si zapisovali údaje o tom, na kterém skoku byla chyba, kolik chyb bylo celkem, zdali bylo nějaké zastavení, potažmo vyloučení. Co chybě, odmítnutí, nebo pádu předcházelo. Jestli na to měl vliv tvar skoku, případně pokud bylo v linii více skoků atd. Důležitý byl i údaj o čase.

Pro větší přehlednost byly sledované úhly rozděleny do 12 sektorů po 30° (tento postup je běžný v obdobných typech studií). Viz Tabulka č.5.

Tabulka č. 5 Sektory úhlů

Sektor	Úhel (°)
1	345-15
2	15-45
3	45-75
4	75-105
5	105-135
6	135-165
7	165-195
8	195-225
9	225-255
10	255-285
11	285-315
12	315-345

V následující Tabulce č. 6 je výtazek z finální tabulky údajů o úhlech nájezdů, magnetické deklinaci, směru nájezdu a sektoru, do kterého spadal daný úhel. Tímto způsobem byla zaznamenána každá dvojice ve všech 8 závodech.

Tabulka č. 6 Zaznamenané úhly

Město	Kůň	Jezdec	Úhel	Deklinace	Přek.	Skok	Úhel2	Směr	Sektor
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	240	4° 40' 36"	1	1	244,68	JZ	9
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	318	4° 40' 36"	2	2	322,68	ZS	12
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	156	4° 40' 36"	3	3	160,68	VJ	6
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	19	4° 40' 36"	4a	4	23,68	SV	2
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	19	4° 40' 36"	4b	5	23,68	SV	2
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	19	4° 40' 36"	5	6	23,68	SV	2
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	278	4° 40' 36"	6	7	282,68	ZS	10
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	278	4° 40' 36"	7	8	282,68	ZS	10
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	278	4° 40' 36"	8	9	282,68	ZS	10
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	49	4° 40' 36"	9	10	53,68	SV	3
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	13	4° 40' 36"	10	11	17,68	SV	2
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	138	4° 40' 36"	11	12	142,68	VJ	6
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	229	4° 40' 36"	12a	13	233,68	JZ	9
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	229	4° 40' 36"	12b	14	233,68	JZ	9
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	229	4° 40' 36"	12c	15	233,68	JZ	9
Mexico	Claire Z	Pieter Devos	210	4° 40' 36"	13	16	214,68	JZ	8

## 4.5 Analýza dat

Sbíraná data byla zapisována do předem připravených tabulek v Microsoft Office Excel. Následně byla data upravena a zkontrolována. Poté byla data analyzována v programu SAS Systém, verze 9.4 (Institute Inc., Cary, NC, USA). Rozložení a charakteristika kontinuálních proměnných byly ověřeny pomocí obvyklých testů procedurou UNIVARIATE. Inspekce kategoriálních proměnných probíhala pomocí kontingenčních tabulek v PROC FREQ. Následně byl sestaven zobecněný lineární smíšený model (model typu logistické regrese, binomiální distribuce, link funkce = logit, GzLMM, GLIMMIX, SAS). Závislou proměnnou

byla pravděpodobnost chyby na překážce (cyntaxe event./trials). V základním modelu byly testovány pevné efekty: pořadí překážky v trase parkuru, typ překážky (kolmý skok, kolmý skok s vodou, oxeer, oxeer s vodou, tripplebar a voda) a především směr nájezdu dle magnetorecepce pro danou soutěž. Kůň a konkrétní soutěž vstupovaly do modelu jako náhodné faktory, aby se zohlednila opakovaná měření u stejných jedinců v průběhu několika soutěží Longines Global Champions Tour.

Modré grafy, znázorňující frekvenci chyb na překážkách byly vytvářeny v programu Oriana 0.4.

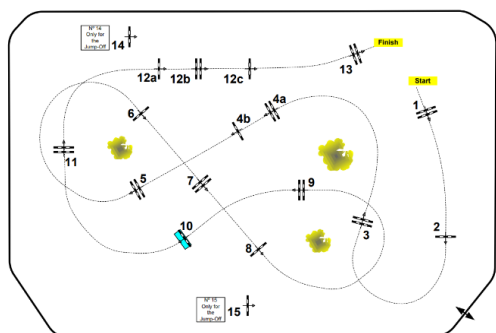
## 5 Výsledky

V diplomové práci byla analyzována data z 8 soutěží Longines Global Champions Tour konaných na různých místech světa v roce 2018. Celkově se soutěží zúčastnilo 96 jezdců se 154 koňmi. Jezdci s koňmi společně překonali 3905 skoků, z nichž v 333 případech chybovali (8,53 %) a 3572 skoků soutěží překonali čistě (bez trestných bodů).

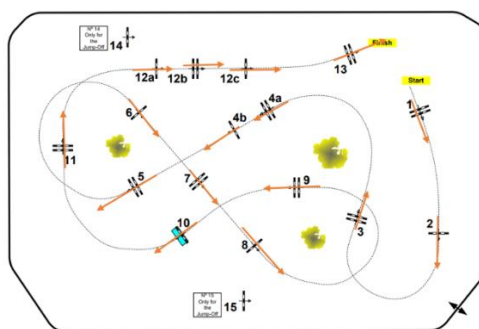
Dle předem stanovené metodiky byly do jednotlivých plánek soutěží zakresleny směry nájezdů na překážky. Následně byly směry nájezdů přeneseny na směrovou růžici zarovnanou dle deklinace pro jednotlivé lokality. Nákresy plánek patří spíše do části Metodika, nicméně pro přehlednost jsou uvedeny zde, spolu s výsledkovými růžicemi.

### Mexiko

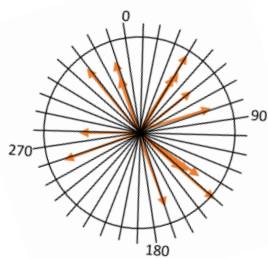
Na obrázku č. 9 je vidět originální plánec parkuru. Na obrázku č. 10 je vidět zanesení směru nájezdu na překážku. Na obrázku č. 11 jsou směry nájezdu přeneseny na růžici, ze které jsou patrné úhly nájezdu. Na obrázku č. 12 je frekvence chyb v jednotlivých sektorech.



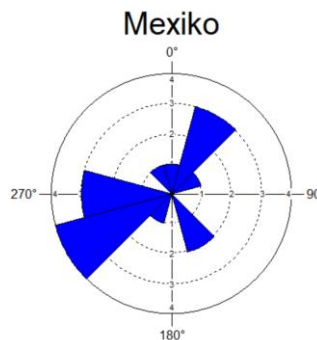
Obrázek č. 9 Plánek parkuru



Obrázek č. 10 Zanesení šipek



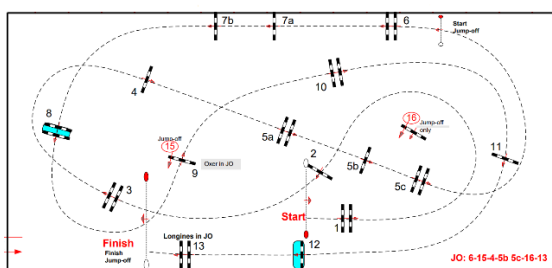
Obrázek č. 11 Směry skoků



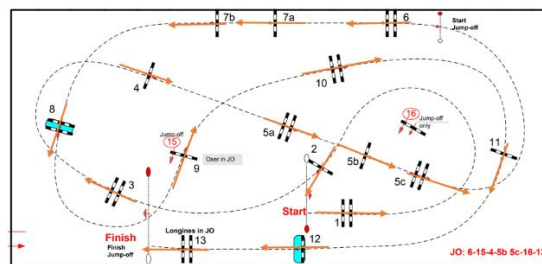
Obrázek č. 12 Počet chyb v jednotlivých sektorech

### Miami

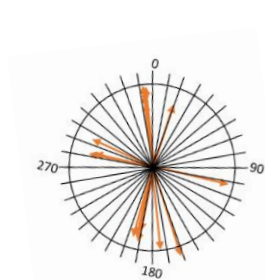
Na obrázku č. 13 je vidět originální plánec parkuru. Na obrázku č. 14 je vidět zanesení směru nájezdu na překážku. Na obrázku č. 15 jsou směry nájezdu přeneseny na růžici, ze které jsou patrné úhly nájezdu. Na obrázku č. 16 je frekvence chyb v jednotlivých sektorech.



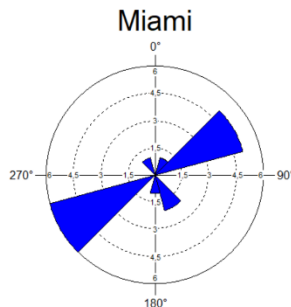
Obrázek č. 13 Plánek parkuru



Obrázek č. 14 Zanesení šipek



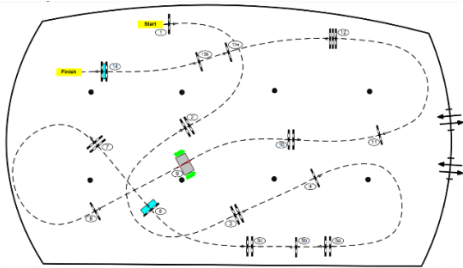
Obrázek č. 15 Směry skoků



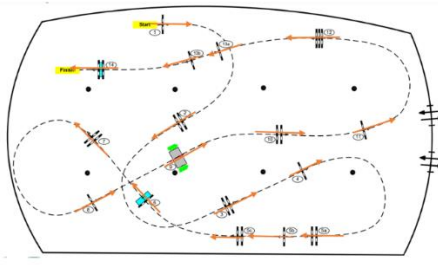
Obrázek č. 16 Počet chyb v jednotlivých sektorech

### Madrid

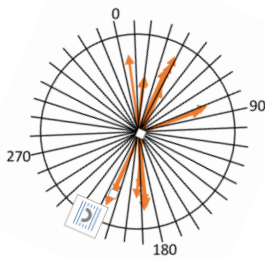
Na obrázku č. 17 je vidět originální plánec parkuru. Na obrázku č. 18 je vidět zanesení směru nájezdu na překážku. Na obrázku č. 19 jsou směry nájezdu přeneseny na růžici, ze které jsou patrné úhly nájezdu. Na obrázku č. 20 je frekvence chyb v jednotlivých sektorech. Na grafu úhlů je vidět malá variabilita rozmístění skoků.



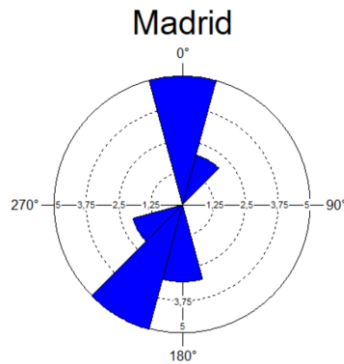
Obrázek č. 17 Plánek parkuru



Obrázek č. 18 Zanesení šipek



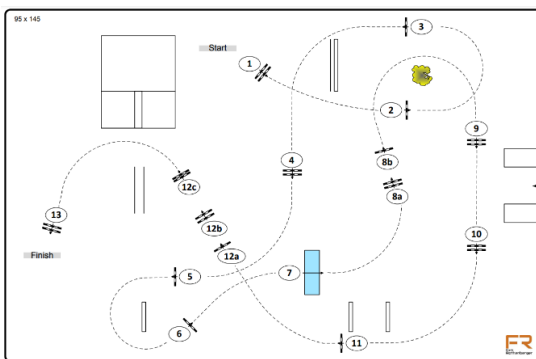
Obrázek č. 19 Směry skoků



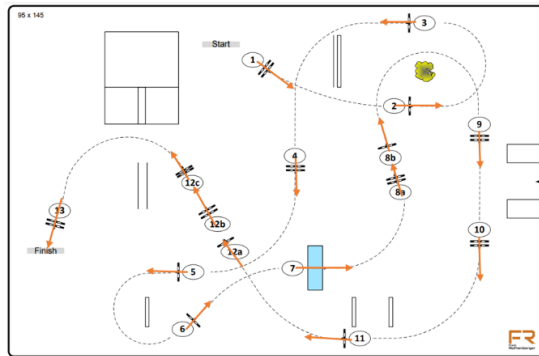
Obrázek č. 20 Počet chyb v jednotlivých sektorech

## Hamburg

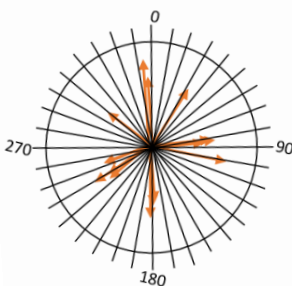
Na obrázku č. 21 je vidět originální plánek parkuru. Na obrázku č. 22 je vidět zanesení směru nájezdu na překážku. Na obrázku č. 23 jsou směry nájezdu přeneseny na růžici, ze které jsou patrné úhly nájezdu. Na obrázku č. 24 je frekvence chyb v jednotlivých sektorech.



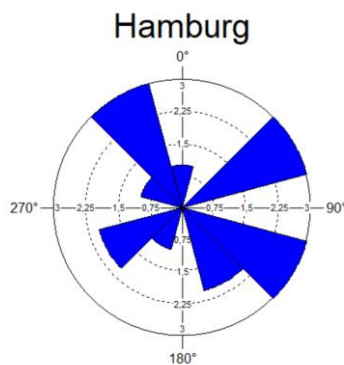
Obrázek č. 21 Plánek parkuru



Obrázek č. 22 Zanesení šipek



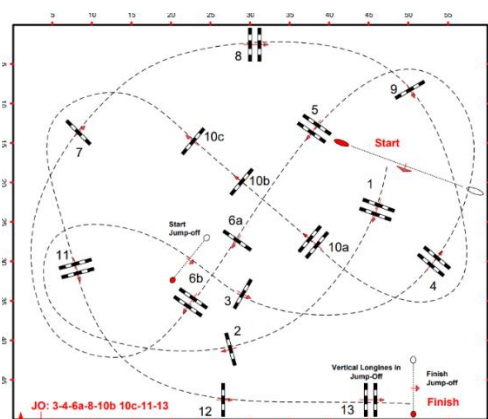
Obrázek č. 23 Směry skoků



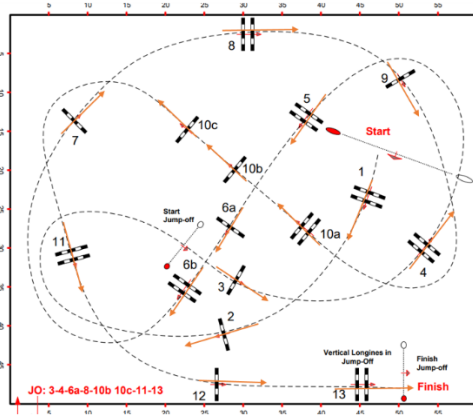
Obrázek č. 24 Počet chyb v jednotlivých sektorech

## Paříž

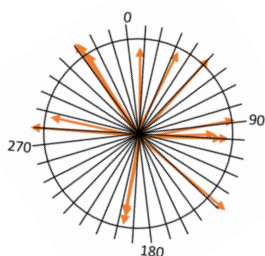
Na obrázku č. 25 je vidět originální plánek parkuru. Na obrázku č. 26 je vidět zanesení směru nájezdu na překážku. Na obrázku č. 27 jsou směry nájezdu přeneseny na růžici, ze které jsou patrné úhly nájezdu. Na obrázku č. 28 je frekvence chyb v jednotlivých sektorech.



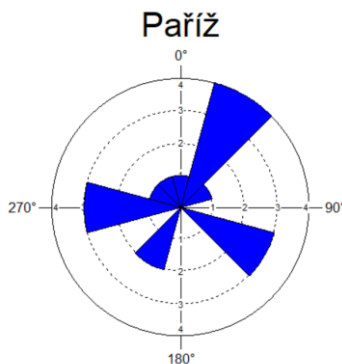
Obrázek č. 25 Plánek parkuru



Obrázek č. 26 Zanesení šipek



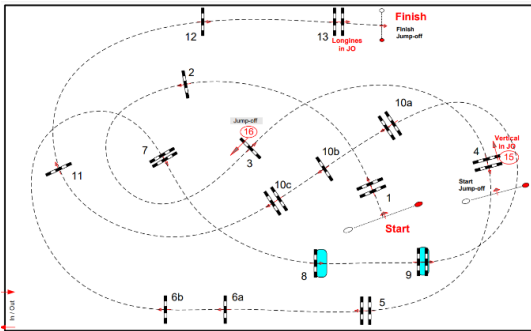
Obrázek č. 27 Směry skoků



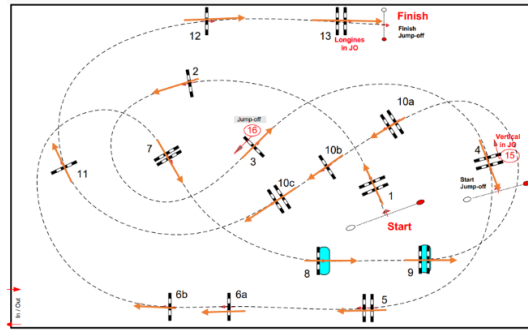
Obrázek č. 28 Počet chyb v jednotlivých sektorech

## Londýn

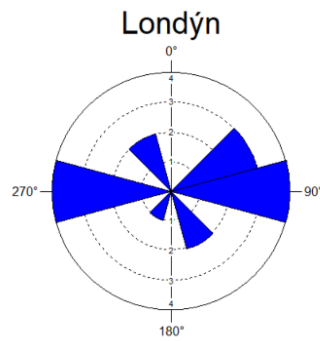
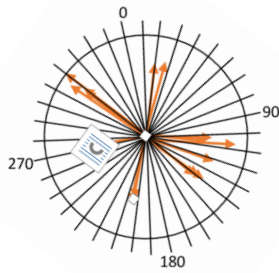
Na obrázku č. 29 je vidět originální plánek parkuru. Na obrázku č. 30 je vidět zanesení směru nájezdu na překážku. Na obrázku č. 31 jsou směry nájezdu přeneseny na růžici, ze které jsou patrné úhly nájezdu. Na obrázku č. 32 je frekvence chyb v jednotlivých sektorech.



Obrázek č. 29 Plánek parkuru



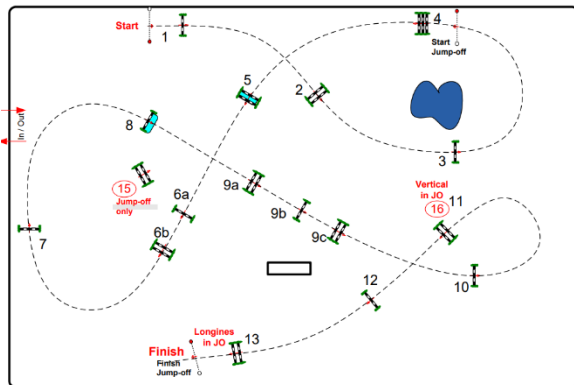
Obrázek č. 30 Zanesení šipek



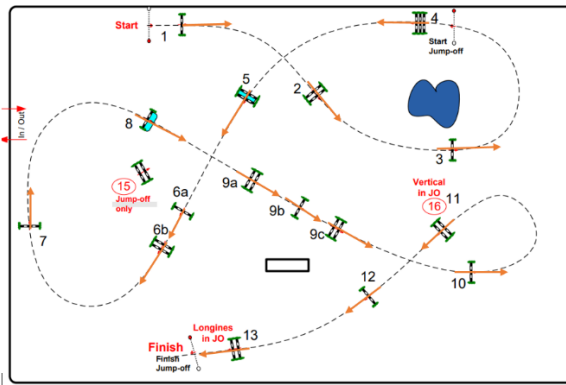
Obrázek č. 31 Směry skoků Obrázek č. 32 Počet chyb v jednotlivých sektorech

## Doha

Na obrázku č. 33 je vidět originální plánek parkuru. Na obrázku č. 34 je vidět zanesení směru nájezdu na překážku. Na obrázku č. 35 jsou směry nájezdu přeneseny na růžici, ze které jsou patrné úhly nájezdu. Na obrázku č. 36 je frekvence chyb v jednotlivých sektorech. Na grafu úhlů je vidět, že jsou skoky situovány převážně od 180 do 360 stup.

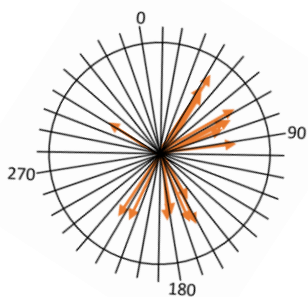


Obrázek č. 33 Plánek parkuru

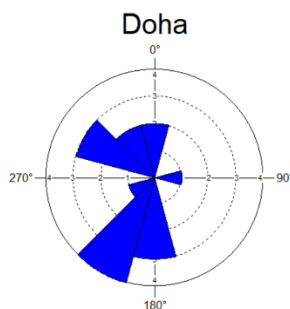


Obrázek č. 34 Zanesení šipek





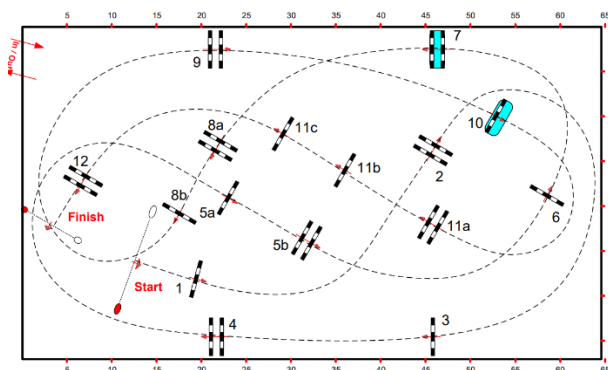
Obrázek č. 35 Směry skoků



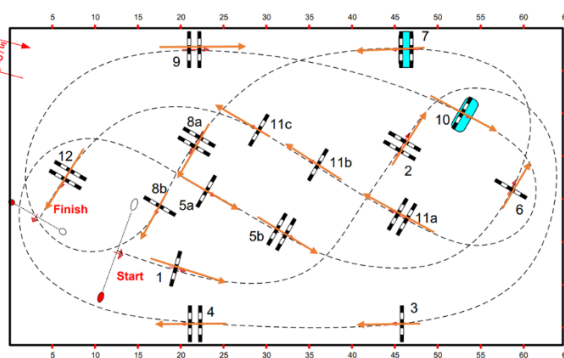
Obrázek č. 36 Počet chyb v jednotlivých sektorech

## Praha

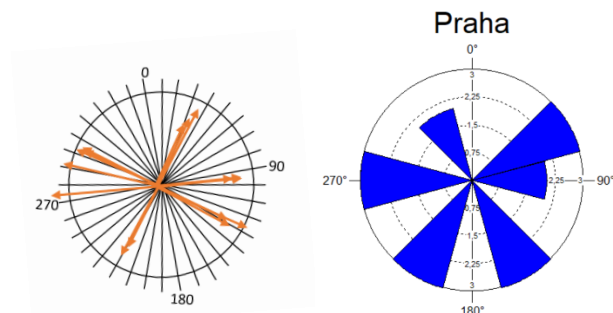
Na obrázku č. 37 je vidět originální plánek parkuru. Na obrázku č. 38 je vidět zanesení směru nájezdu na překážku. Na obrázku č. 39 jsou směry nájezdu přeneseny na růžici, ze které jsou patrné úhly nájezdu. Na obrázku č. 40 je frekvence chyb v jednotlivých sektorech. Na grafu s úhly je vidět rovnoměrné rozmístění skoků po celém rozptylu 360 stupňů.



Obrázek č. 37 Plánek parkuru



Obrázek č. 38 Zanesení šipek

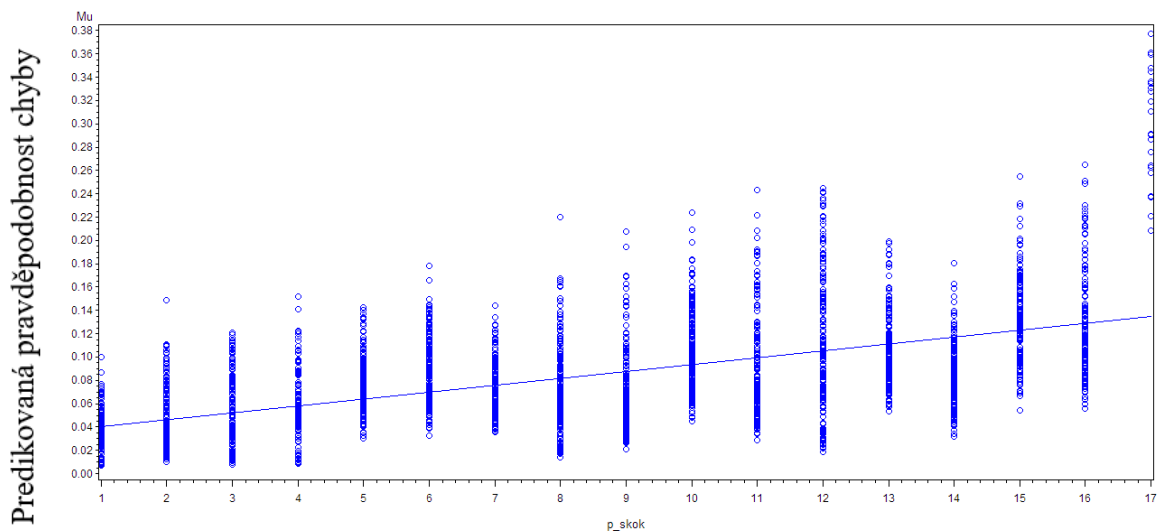


Obrázek č. 39 Směry skoků Obrázek č. 40 Počet chyb v jednotlivých sektorech

Jednou ze sledovaných proměnných v soutěžích byl počet chyb v průběhu soutěže. Také se hodnotilo, jaké vlivy pravděpodobnost chyb na trase parkuru ovlivňují. Na grafu č. 1 je zobrazena predikovaná pravděpodobnost chyby na skocích v prvním kole soutěží Longines

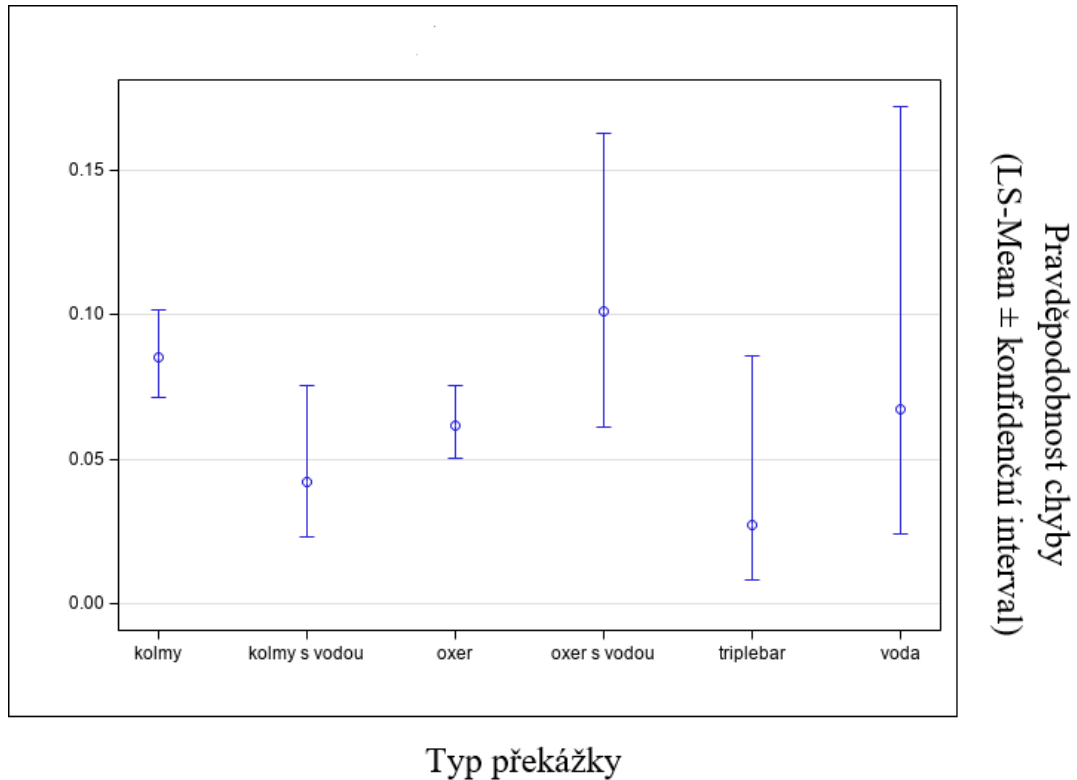
Global Champions Tour s ohledem na jejich pořadí. Z grafu je patrný rostoucí trend chyb na překážkách, které jsou situovány ke konci parkuru.

Graf č. 1 Pořadí skoků na trase parkuru, pravděpodobnost chyby; ( $P < 0,0001$ , GzLMM, PROC GLIMMIX, SAS)



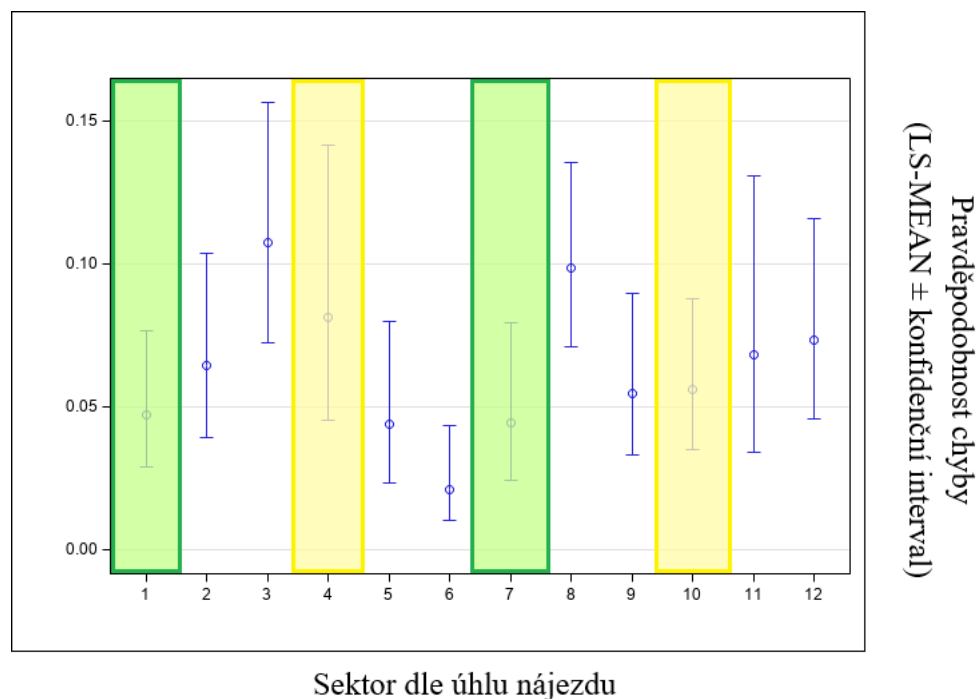
Pravděpodobnost chyby na skoku se také lišila mezi jednotlivými typy překážek ( $F_{(5,37374)} = 3,07$ ,  $P < 0,01$ ). Ty byly dle metodiky rozděleny na kolmý, kolmý s vodou, oxer, oxer s vodou, tripplebar a vodní příkop. Na grafu č. 2 je znázorněna chybovost na jednotlivých typech překážek. Z grafu je viditelné, že se nejméně chybovalo na kolmých skocích (průměrně 8,5 %). Nejvíce se chybovalo na oxerech s vodou (10%). Z pohledu statistiky se významně odlišoval oxer s vodou, kde byla zjištěna nejvyšší pravděpodobnost chyby ( $0,101 \pm 0,025$ ; LSMEAN  $\pm$  std. chyba průměru) a naopak nejnižší chybovost byla sledována u tripplebarů ( $0,027 \pm 0,016$ ; LSMEAN  $\pm$  str. chyba průměru) a kolmých skoků s vodou ( $0,042 \pm 0,013$ ; LSMEAN  $\pm$  std. chyba průměru).

Graf č. 2 Zobrazení chybovosti podle pořadí skoku na trase parkuru



Hlavním tématem diplomové práce byl vliv magnetorecepce na chybovost koní v parkuru. Do analýzy úhlová proměnná (úhel směru nájezdu na překážku) vstupovala do modelu ve formě sektorů po 30°. Byl zjištěn statisticky významný vliv této proměnné na pravděpodobnost, že kůň na dané překážce udělá chybu ( $F_{(11, 3734)} = 4,01, (< 0,0001)$ ). Celkově byla největší chybovost zaznamenána na překážce v Madridu v úhlu 196° (sektor 8) kde chybovalo 10 soutěžících. V následujícím grafu č. 3 je uveden přehled chyb v jednotlivých sektorech. V grafu jsou viditelné jednotlivé sektory a průměrná chybovost v daném sektoru. Zeleně jsou zobrazeny sektory ve směru severo-jihní magnetické osy Země (345 – 15° a 165 – 195°). Žlutě jsou pak zvýrazněny sektory, ve kterých je možné předpokládat vyšší chybovost u soutěží v závislosti na stanovené hypotéze a zjištěných informací o magnetorepci (0,107 ± 0,21; LSMEAN ± std. chyba průměru). Naopak nejnižší byla zjištěna v rámci sektoru 6 (od 135° do 165°) (0,021 ± 0,001; LSMEAN ± std. chyba průměru). V rozmezí úhlů ve směru severo jižní osy Země byla průměrná chybovost 0,047 ± 0,001 (LSMEAN ± std. chyba průměru) v sektoru 1 a 0,064 ± 0,016 (LSMEAN ± std. chyba průměru).

Graf č. 3 Zobrazení chybovosti dle sektoru nájezdu na překážku (SAS)



## 6 Diskuze

Diplomová práce se zabývá magnetorepcí a jejím vlivu na rozdíly v chybovosti na skocích, překonávaných v různých úhlech vůči magnetické ose Země. Z výsledků diplomové práce vyplývá, že se chybovost na překážkách liší v závislosti na následujících faktorech: typ překážky, pořadí na parkuru, úhel nájezdu. Nejobtížnější na překonání byl oxer s vodou, nebo samostatně stojící voda. Průměrně na oxeru s vodou chybovalo 10,1 % dvojic a na samostatné vodě 6,7 % dvojic. Naopak nejméně se chybovalo na tripplebaru. Na tomto typu skoku chybovalo pouze 2,7 % dvojic. Chybovost byla rozdílná i na jednotlivých překážkách v závislosti na jejich pořadí. Byl patrný rostoucí trend, který naznačoval, že čím je překážka později na parkuru, tím je větší pravděpodobnost, že na ní dvojice udělá chybu. Na chybovost dvojice má vliv úhel, ve kterém je na překážku najížděno. Rozpětí úhlů nájezdu, ve kterém se nejvíce chybovalo, bylo od 45° – 75° a 195° – 225°.

Dílčím cílem práce bylo ověřit testované faktory, které by mohly sportovní výkon koní v skokových soutěžích nějak ovlivnit. Jedním ze sledovaných znaků bylo provedení skoku. Tedy jaký vliv na chybu má tvar překážky. Jestli se jedná o výškový, šířkový, nebo výškošířkový skok. Také jestli je to prázdný skok, nebo skok podskokovým prvkem. Nebo dokonce, jestli se jedná o otevřený vodní skok. Dalším faktorem byl vliv prostředí a povrchu kolbiště na úspěšnost absolvování překážky. Jestli koně dokáží vnímat vliv severo-jihní magnetické osy v případě, že jsou v hale a mají tedy stíženou orientaci. Naproti tomu jaké budou výsledky na venkovním otevřeném kolbišti. Data jsou momentálně připravena k dalšímu pozorování, jestli má na chybovost na překážce vliv povrch kolbiště. Použitý materiál povrchu byl buď travnatý, nebo jemný písek míchaný s geotextilií.

Begall et al. (2008) studovali orientaci koní ve výbězích po Evropě. Za pomoci snímků z Google Earth bylo zjištěno, že směr hlavy neprokázal významnou odchylku od náhodného dělení. Nečekaně pak byla zjištěna preference osy u koní v blízkosti silových čar elektromagnetického pole o nízké frekvenci. Byla zjištěna slabá korelace s koněm a axiálními vektory. Vliv polohy slunce na rovnání koní se stal předmětem pro bližší zkoumání. Podle Begall et al. (2013) nastavují koně tělo kolmo k dopadajícímu slunečnímu svitu. Skupina českých výzkumníků informovala o neúspěšném pokusu zopakovat zjištění ze snímků Google Earth. Burda et al. (2020) tvrdí, že některá data jsou neplatná, neb se odehrávala v blízkosti vysokého napětí, nebo jsou snímky nedostatečně kvalitní k hodnocení. Je zřejmé, že u kopytníků existuje vysoká variabilita v míře vyjádření magnetorecepce. Analýza skotu Begall et al. (2013) na lokalitách s různými deklinacemi jasně poukazuje na zásadní důkaz ve prospěch magnetického pole Země. Zarovnání se je spontánním behaviorálním projevem magnetorecepce. Při sledování pasoucích se jelenů bylo prokázáno postavení hlavy směrem na sever. Burda et al. (2009) spekulovali o tom, že udržování asymetrické polohy vůči siločarám pole nějakým způsobem ovlivňuje určité fyziologické procesy.

Udržování určitého magnetického směru může podle Begall et al. (2013) poskytnout směrovou preferenci pro orientaci. To může být užitečné například při vyrušení a rychlém útěku. Burda et al. (2009) věří, že magnetický smysl u některých živočichů dokáže detekovat sever pomocí velmi jemné citlivosti.

Podle Górecka-Bruzda et al. (2013) jsou některá plemena koní predikována pro skoky. Jejich ochota skákat překážky vychází z jejich genetických aspektů a skokové výkonnosti. To potvrzuje i naše studie. Jelikož jsme při popisu vybraných koní zaznamenávali i původ, došli jsme k závěru, že jasnou převahu má plemeno KWPN.

Stachurská et al. (2002) ve svém experimentu sledovali, zdali kůň překážku raději skočí, nebo ji obejde. Motivací v tomto případě byla potrava a překážky se různě zvyšovaly a snižovaly. Jako motivační prvek bylo použito seno. Což pro některé koně nebyl správný druh motivace. V souvislosti s tréninkem na parkury nejvyšší obtížnosti je proto zapotřebí najít vhodný typ motivace pro každého jedince. Většina koní překážku raději obešla, i když to znamenalo delší cestu za potravou. Z tohoto pokusu je zřejmé, že je potřeba koně motivovat a pracovat s ním od útlého věku. Ke stejnému závěru dospěla i naše studie, když spočetla průměrný věk koní. Ten činil 14,9 let. Pokud tedy chceme koně, který bude závodit na nejvyšší úrovni, je potřeba věnovat mu čas. Podle Stachurské et al. (2020) je možné, že koně, kteří raději překážku obejdou, budou mít omezený skok. Tedy že kůň sice bude skákat, ale na nižší úrovni. Nicméně i takoví koně jsou potřeba. A díky ochotě či neochotě (nebo jen snížené ochotě) lze těmto koním vybrat vhodnou disciplínu. To, že kůň nechce skákat, neznamená, že z něj nemůže být dobrý kůň do všestrannosti.

Murphy a Arkins (2007) vyřkli otázku, proč koně nechtějí skákat některé skoky. Podle něj je potřeba brát v potaz, že koně a lidé vnímají rozdílným způsobem. Co se nám zdá jako jednoduchý skok, je koněm vnímáno jinak. Na základě pozorování Stachurské et al. (2002) bylo zjištěno, že koně velmi neochotně překonávají plné skoky typu zeď. Může to být způsobeno jejich monumentálním vzhledem a také tím, že koně nevidí, kam doskakují. Toto tvrzení potvrzuje i studie Ničové a Bartošové (2022). V jejich studii docházelo právě na tomto typu skoku k nejčastějším neposlušnostem. Dalším faktorem je to, že plný skok je zpravidla na

parkuru jen jeden, nebo žádný. Naproti tomu kolmé skoky a oxery jsou na parkuru mnohem více zastoupeny (Stachurská et al. 2002).

Další výzkumy Stachurské et al. (2020) vedou k výsledku, že výkony dvojic ovlivňuje skupina faktorů. Tyto faktory jsou věk, plemeno a zkušenosti koně. Co se vnějších vlivů týče, tak záleží také na obtížnosti soutěže, povětrnostních podmínkách a povrchu kolbiště. To jde ruku v ruce s faktory, které jsme zasadili do studie. Podle výsledků Stachurské et al. (2002) koně chybují méně často na oxerech, když je zadní bariéra výrazně výš, než přední. Dalo by se říci, že i tato studie podporuje naše výsledky. Neboť většina oxerů, které v parkurech byly, byly „pravé“ tedy že zadní bariéra byla na stejné úrovni, jako přední, nebo jen nepatrně výš.

Podle Stachurské et al. (2002) mohou světlé, nebo bílé skoky způsobit koním optický klam a tím zvýšit pravděpodobnost chyby. Dále také bylo zjištěno, že koně snadno vnímají modrou barvu. Zelená barva je také vnímána a mohla by způsobit problém, kdyby stál zelený skok na travnatém povrchu. Nejméně problematické se jevíly kontrastní barvy překážek. Naproti tomu žlutá barva je pro koně hůře rozlišitelná.

Z našich výsledků je patrné, že v kombinacích koně častěji chybují na druhé, nebo třetí překážce kombinace. Podle Stachurské et al. (2002) to může být způsobeno nedostatečnou formou koně. Mohlo by to být také způsobeno tím, že na začátku kombinace ji kůň bere jako jednoduchou překážku. Nicméně podle Ničové a Bartošové (2022) se nejvíce chyb v soutěži poháru národů objevilo na první překážce kombinace. Naproti tomu na regionální úrovni bylo nejvíce chyb na druhé a třetí překážce kombinace. Stachurská et al. (2002) také zkoumali, na které překážce přišla chyba. První překážky by koně měly „navnadit“. Pokud se jednalo o třetí a čtvrtou překážku, tak ji skákali ještě s plnou silou. Od desáté a další překážky už koním chyběly síly a skákali je s menší „rezervou“ nad skokem. Studie Ničová a Bartošová (2022) se zaměřuje na rozdíl chyb v základním kole a rozeskakování. Jako faktory, ovlivňující chybovost, byly zkušenosti jezdce a zdali stála překážka samostatně, nebo byla součástí kombinace. Bylo sledováno větší množství chyb na překážkách kombinací. Největší chybovost byla zaznamenána na překážkách, obsahujících vodní prvek. Naopak nejmenší chybovost se ukázala na tripplebarech. To naprosto koreluje s našimi výsledky, kdy nejmenší procento chyb bylo na překážce typu tripplebar. Na základě studie Ničové a Bartošové (2022) se také potvrdila teorie, že vyšší počet chyb je sledován na překážkách později v pořadí. Toto zjištění by mohlo vést stavitele k tomu, aby ke konci parkuru stavěli jednodušší skoky. Marlin a Williams (2020) také testoval chybovost koní na jednotlivých překážkách. Počet chyb na překážkách se zvyšoval ve druhé polovině parkuru. Počet chyb by mohl být také ovlivněn jinou taktikou jízdy. To přesně odpovídá i našemu zjištění, když byl pozorován rostoucí trend chyb s přibývajícím počtem absolvovaných překážek. Chyby na parkuru mohou být způsobeny únavou jezdců, koní, nebo obou.

Němeček et al. (2018) sledovali vliv jezdců na celkový výkon dvojice. Porovnávali situaci, kdy na koni seděl profesionál vs amatér. Ukázalo se, že i když jezdec seděl špatně, nebo mu nějakým způsobem nevyhověl ve fázi vzletu, kůň byl schopen vyvážit jezdcův pohyb tak, aby předešel chybám a pádům. Faktor zkušenosti jezdce v tomto případě nehrál roli. Nicméně to přímo neodporuje našim výsledkům. Vzhledem k tomu, že celý náš výzkum probíhal na jezdcích té nejvyšší světové úrovně, dá se předpokládat, že ve zkušenosti jezdců nebudou markantní rozdíly.

Studie Colborne et al. (1995) provedla měření správného odskoku u vodního příkopu. Při nájezdu na skok tohoto typu je zapotřebí zvýšit rychlost nájezdu, aby trajektorie skoku nevedla do výšky (jak tomu chceme u ostatních typů skoků), ale do dálky. Tento jev byl pozorován i v naší studii. Na jezdcích bylo vidět, že ve chvíli, kdy narovnají koně kolmo proti skoku, zvýší tempo. Pravděpodobně pro to, aby pomyslně nabrali rychlost, potřebnou k překonání skoku. Jelikož energie skoku vychází ze zadních končetin, je potřeba při odskoku energii nahromadit pod sebe. V naší studii byly zaznamenávány chyby na vodním skoku. U některých dvojic bylo ve fázi odskoku vidět jisté zaváhání. Což vedlo k nedostatečnému švihu, potřebnému k překonání vodního skoku (Colborne et al. 1995). Kůň pak skočil spíše všemi čtyřmi končetinami do vzduchu a dopadl do prostředku vodního skoku. Tento poznatek jasně koreluje s výsledky Colborne et al. (1995). Ničová a Bartošová (2022) uvádějí, že nárůst počtu chyb na překážkách, obsahující vodní prvek by mohla být způsobena strachem z vody, komplikovaným odhadem skoku, kontrastem překážky s povrchem kolbiště, barvou podezdívky, nebo odleskem vodní hladiny.

Studie Murphyho a Arkinse (2007) zkoumala monokulární a binokulární vidění u koní. V jejich testu koně absolvovali skok nejprve proti směru hodinových ručiček v pořadí nejprve z binokulárním viděním, poté z levého monokulárního vidění a následně z pravého monokulárního vidění. Následoval opačný proces. Čili opět nejprve binokulární vidění, poté pravé monokulární vidění a následně levé monokulární vidění, ale tentokrát ve směru hodinových ručiček. Výsledkem studie bylo povržení horších pohybových vlastností skoku u samců, jestliže skákali s použitím pravého binokulárního vidění. Nicméně v naší studii byla převaha samčího pohlaví. Na základě výsledků jednotlivých soutěží bylo zjištěno, že samci na překážkách nechávají významně více, než samice.

## 7 Závěr

- Z výsledků diplomové práce vyplývá, že chybovost na trase parkuru se liší v závislosti na třech faktorech. Typu překážky, kde se pro všechny soutěže jevila nejsložitější k překonání, překážka oxer s vodou a samostatně stojící vodní kok. Chybovost se také lišila na jednotlivých překážkách dle jejich umístění v rámci trasy parkuru. Čím později byla překážka umístěná na trase, tím vyšší na ní byla pravděpodobnost chyby.
- Dále bylo zjištěno, že chybovost dvojice není náhodná a vliv nájezdu na překážku je jedním z možných vlivných faktorů na skokový výkon koní. Z dat vyplynulo, že pravděpodobnost chyby se lišila dle směru nájezdu. Nejobtížnější se jevil nájezd na překážku v úhlu  $45^\circ - 75^\circ$  a  $195^\circ - 225^\circ$ .
- Diplomová práce si kladla za cíl podívat se na téma magnetorecepce u koní. Toto téma nebylo ještě nikdy zpracováno. S ohledem na výsledky, je možné konstatovat, že toto téma si žádá experiment v kontrolovaném prostředí bez možných vnějších vlivů, které na této úrovni skokových soutěží nebylo možné zaručit.



## 8 Literatura

- Barnothy MF. 1964. Plenum Press. Biological effects of magnetic fields. 1st ed.
- Begall S, Červený J, Neff J, Vojtěch O, Burda H. 2008. Proceedings of the National Academy of Sciences. Magnetic alignment in razing and rating cattle and deer. 105 (36), 13451-13455.
- Begall S, Melkemper SEP, Červený J, Němec P, Burda H. 2013. Mammalian Biology. Magnetic alignment in mammals and other animals **78**: 10-20.
- Benediktová K, Adámková J, Svoboda J, Painter MS, Bartoš L, Nováková P, Vynikalová L, Har V, Phillips J, Burda H. 2020. ELife. Magnetic alignment enhances homing efficiency of hunting dogs. **9**: 1-19.
- Van den Bogert AJ, Jansen MO, Deuel NR. 1994. Kinematics of the hindlimb push-off in elite show-jumping horses. Equine Veterinary Journal. **17**: 82-86.
- Boles LC, Lohman KJ. 2003. Nature. True navigation and magnetic map in spiny lobsters. 60-63.
- Burda H, Begall S, Červený J, Neff J, Němec P. 2009. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Extremely low-frequency electromagnetic fields disrupt magnetic alignment of ruminants. 106 (14). 5708-5713.
- Burda H, Begall S, Hart V, Malkemper EP, Painter MS, Phillips JB. 2020. Elsevier. The Senses: A Comprehensive Reference. Magnetoreception in Mammals. 421-444.
- Colborne GR, Clayton HM, Lanovaz J. 1995. Factors that influence vertical velocity during take off water jump. Equine Veterinary Journal. **18**: 138-140.
- Červený J, Begall S, Koubek P, Nováková P, Burda H. 2011. Biology Letters. Directional preference may enhance hunting accuracy in foraging foxes. **7(3)**: 355-357.
- Červený J, Burda H, Ježek M, Kušta T, Husinec V, Nováková P, Hart V, Hartová V, Begall S, Malkemper EP. 2017. Mammal Review. Magnetic alignment in warthogs *Phacochoerus africanus* and wild boars *Sus scrofa*. **47(1)**: 1-5.
- ČJF. 2021. Skoková pravidla. 26 vydání. Česká jezdecká federace.
- ČJF. 2021. Manuál pro Národní Stewardy a komisaře. Česká jezdecká federace.
- Detschlander ME, Muheim R. 2010. Encyclopedia of Animal Behavior. Magnetic Orientation In Migratory Songbirds. **2**: 314-323.

Dohms-Warnecke T, Due M, Hertsch B, Hoffmann G, Kaspareit T, Lagershasen H, Miesner K, Miesner S, Veltejn-Otto-Erley C, Wann J, Zeeb K. 2000. Deutsche Reiterliche Vereinigung e.V. – Bereich Sport Ausbildung – Bundesverband für Pferdesport und Oferdezucht. Fédération Equestre Nationale (FN). Warendorf.

Eder SHK, Cadiou H, Muhamad A, McNaghton PA, Kirschvink JL, Winklhofer M. 2012. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America. Magnetic Characterization of Isolated Candidate Vertebrate Magnetoreceptor Cells. **109**: 30.

Evans H, Gjerde A, Heijmans J, Mallon B. 2020. Showjumping on the summer games in Stockholm 1912. Sport Reference LLC.

FEI 2022. Jumping rules, 27th edition. Fédération equestre internationale.

Gego A, Schmidt H. 1982. Parcours-Gestaltung. FN-Verlag, Warendorf.

Górecka-Bruzda A, Jastrzebska E, Muszynska A, Jederzejewska E, Jaworski Z, Jezierski T, Murphy J. 2013. To jump or not to jump? Strategies employed by leisure and sport horses. Journal of Veterinary Behavior. **8**: 253-260.

Hart V, Kušta T, Němec P, Bláhová V, Ježek M, Nováková P, Begall S, Červený J, Hanzal V, Malkemper EP, Štípek K, Vole C, Burda H. 2012. Plos ONE. Magnetic Alignment in Carps: Evidence from the Czech Christmas Fish Market. **7(12)**.

Hart V, Malkemper EP, Kušta T, Begall S, Nováková P, Hanzal V, Pleskač L, Ježek M, Policht R, Husinec V, Červený J, Burda H. 2013. Frontiers in Zoology. Directional compass preference for landing in water birds. **10(1)**.

Hart V, Nováková P, Malkemper EP, Begall S, Hanzal V, Jeek M, Kušta T, Němcová V, Adámková J, Benediktová K, Červený J, Burda H. 2013. Frontiers in Zoology. Dogs are sensitive to small variations of the Earth's magnetic field. **10(1)**: 1-12.

Hennessy K, Quinn K. 2008. Equestrian participation: a case study of the Iris sport industry. In: Proceedings of 4th International Conference of the International Society for Equitation Science. August 1-4 2008. Dublin, Ireland.

Hermsen J. 1997. Encyklopedie koně. Rebo Productions CZ, spol. s.r.o. Čestlice.

Johnsen S, Lohman KJ. 2005. Nature Reviews. Neuroscience. The physics and neurobiology of magnetoreception. **6**: 703-712.

Kirschvink JK, Gould JL. 1981. Biosystème. Biogenetic magnetite as a basic for magnetic field detection in animals. 181-201 no.13

- Klimke R. 1989. Basic Training of the Young Horse. London: J.A. Allen and Co. Ltd.
- Kobylkov D. 2020. The Senses: A Comprehensive Reference. Elsevier. Transduction Mechanism in Magnetoreception. 459-478.
- Koenen EPC, Algridge LI, Philipsson J. 2004. An overview of breeding objectives for warmblood sport horses. *Livest. Prod. Sci.* **88**: 77-84.
- Landler L et al. 2015. Spontaneous magnetic alignment by yearling snapping turtles: rapid association of radio frequency dependent pattern of magnetic input with novel surrounding. *PLOS ONE*. **10**(5): p. e0124728
- Lohman KJ. 2010. *Nature*. Animal behaviour: Magnetic-field perception. **464**: 1140-1142.
- Lohmann KJ, Lohmann CMF, Putman N. 2007. *The Journal of Experimental Biology*. Magnetic Maps in Animals: Nature's GPS. **210**: 3697-3705.
- Lowenstam HA. 1962. *Geological Society of America Bulletin*. Magnetite in denticle capping in recent chitons (Polyplacophora).
- Malkemper EP, Painter MS, Landler L. 2016. Shifted magnetic alignment in vertebrates: Evidence for neural lateralization? *Journal of theoretical biology*. **399**: 141-147.
- Marlin D, Williams J. 2020. Faults in International showjumping are not random. *Comparative Exercise Physiology*. **16**(3): 235-241.
- Mouritsen H. 2018. *Nature*. Long-distance navigation and magnetoreception in migratory animals. **558**: 50-59.
- Murphy J, Arkins S. 2007. Equine learning behavior. *Behav. Proc.* **76**: 1-13.
- Němec P, Vácha M. 2007. *Vesmír*. Kompas a mapa: Orientace v magnetickém poli **86**: 224-228.
- Němeček P, Cabbell L, Janura M. 2018. Horse and Rider Interaction During Simulated Horse Jumping. *Journal of Equine Veterinary Science*. **70**: 26-31.
- Ničová K, Bartošová J. 2022. Still beyond a chance: Distribution of faults in elite show-jumping horses. *PLoS ONE*. **17**(3): e0264615. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0264615>
- Nováková P, Kořanová D, Begall S, Malkemper EP, Pleskač L, Čapek F, Červený J, Hart V, Hartová V, Husinec V, Burda H. 2017. *Folia Zoologica*. Direction indicator and magnetic compass-aided tracking of the sun by flamingos. **66**: 79-86.

Obleser P, Hart V, Malkemper RP, Begall S, Holý M, Painter MS, Červený J, Burda H. 2016. Behavioral Ecology and Sociobiology. Compass-controlled escape behavior in roe deer.

Paalman A. 1998. Skokové ježdění. Nakladatelství Brázda s.r.o. Praha.

Phillips JB et al. 2002. „Fixed-axis“ magnetic orientation by an amphibian: non-shoreward-direct compass orientation, misdirected homing or positioning a magnetite-based map detector in consistent alignment to the magnetic field? Journal of Experimental Biology. **205**: P. 3903-3914.

Pick DF, Lovell G, Brown S, Dail D. 1994. Equine color perception revisited. Appl. Anim. Behav. Sci. **42**: 61-65.

Pippa P, Harrison A. 2002. Show-jumping. Sports biomechanics. 1:2. 135-146.

Ritz T, Adem S, Schulten K. 2000. Biophysical Journal. A Model for Photoreceptor-Based Magnetoreception in Birds. **8**: 707-718.

Sasimowski E, Pietrzak S, Lecewicz W. 1986. Zmienneść niektó'rych pozaregulaminowych warunkó'w, w jakich odbywają się oficjalne konkursy skoko'w przez przeszkody. Ann. UMCS EE. **4**: 148-156.

Slabý P, Tomanová K, Vácha M. 2013. Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology. Cattle on pastures do align along the North-South axis, but the alignment depends on herd density. **199**: 695-701.

Smith s, Goldman L. 1999. Color discrimination in horses. Appl. Anim. Behav. Sci. **62**: 13-25.

Stachurská A, Pieta M, Nesteruk E. 2002. Which obstacles are most problematic for jumping horses? Applied Animal Behaviour science. **77**: 197-207.

Tomkins M, Williams KA, Thomson PC, McGreevy PD. 2010. Sensory Jump Test as a measure of sensory (visual) lateralization in dogs (*Canis familiaris*). Journal of Veterinary Behavior. **5**: 256-267.

Uebe R, Schuler D. 2016. National Review Microbiology. Magnetosome biogenesis in magnetotactic bacteria. **14**: 621-637.

Vácha M, Němec P. 2007. Vesmír. Orientace v geomagnetickém poli. Kompas a mapa. 5.

Válková T, Vácha M. 2012. How do honeybees use their magnetic compass? Can they use the North? 2-6.

- Watts A. 1979. *The Course Builder's Handbook for Horse Shows and Gymkhanas*. Bamé and Jenkis Ltd. London
- Wejer J, Lendo I, Lewczuk D. 2013. The Effect of Training on the Jumping Parameters of Inexperienced Warmblood Horses in Free Jumping. *Journal of Equine Veterinary Science*. **33**: 483-486.
- Wiltschko W, Wiltschko R. 2001. Magnetic compass orientation in birds and its physiological basis. 1-3.
- Wiltschko R, Wiltschko W. 2012. *Comparative Physiology*. The magnetite-based receptors in the beak of birds and their role in avian navigation. 10.
- Winklhofer M. 2007. Springer. Magnetite-based magnetoreception in higher animals. 3.
- Winklhofer M, Kirschvink JL. 2010. A quantitative assessment of torque-transducer models magnetoreception. *Journal of the Royal Society Interface*. **7**: p. S273-S289.
- Yan L, Tao S. 2013. *Chinese Physics B*. Avian Magnetoreception Model Realized by Coupling Magnetite-based Mechanism with Radical-pair-based Mechanism. **22**: 4.
- Yorke ED. 1979. *Journal of Theoretical Biology*. A possible magnetic transducer in birds. **77**: 101-105.

## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

CSI	Mezinárodní skoková soutěž
CSIO	Concours de Saut International Officiel (Oficiální mezinárodní skoková soutěž)
ČJF	Česká jezdecká federace
FEI	Fédération Equestre Internationale (Mezinárodní jezdecká federace)
KMK	Kritéria mladých koní

