

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra etologie a zájmových chovů



Analýza rodokmenových vztahů v závislosti na distančním optimu u anglického plnokrevníka

Diplomová práce

Bc. Ondřej Plachý
Zájmové chovy zvířat

Ing. Barbora Hofmanová, Ph.D.

©2019 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Analýza rodokmenových vztahů v závislosti na distančním optimu u anglického plnokrevníka" jsem vypracoval 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 autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 12. 4. 2019 _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svým rodičům za podporu, vedoucí mé diplomové práce Ing. Barboře Hofmanové, Ph.D. za vstřícnost a svému zaměstnavateli za trpělivost.

Analýza rodokmenových vztahů v závislosti na distančním optimu u anglického plnokrevníka

Souhrn

V chovu anglického plnokrevníka se často příkládá dominantní význam špičkovým plemenným hřebcům, ovšem už u zakladatelských linií tohoto plemene je vidět silný maternální vliv, který byl pravděpodobně rozhodující pro přenos vlastností, souvisejících s rychlostním potenciálem. Je tedy zřejmé, že pro funkční výstavbu plnokrevníka je třeba zohlednit všechny cesty alel, které mají vztah k výkonnosti a všechny složky rodokmenové skladby, nikoliv jen sledovat úspěšné hřebčí linie.

V rámci této práce byla provedena analýza rodokmenových vztahů souborů současných elitních plnokrevníků, rozdělených do pěti kategorií podle jejich distančních optim, od sprinterů až po supervytrvalce. Tito byli porovnání pomocí koeficientů příbuznosti (r) a inbreedingu F_x , dále pak sestavena schémata vzájemných příbuzenských vztahů mezi úspěšnými absolventy významných dostihů za rok 2018. U významných linií, které se v této analýze prosazují dominantně, bylo propočteno distanční optimum potomků jednotlivých zástupců.

Výsledky ukazují, že zatímco společnými předky napříč kohortami jsou prominentní plemenici druhé poloviny dvacátého století *Mr. Prospector* a *Northern Dancer* (oba úzce příbuzní přes výjimečnou klisnu *Mumtaz Mahal*), bližší rodokmenová skladba jednotlivých kategorií se liší dle specializace na určité distanční optimum, navíc se nezávisle prosazuje i vliv některých klisen, jako například současné famózní *Urban Sea* mezi vytrvalci.

Jelikož distanční optimum vykazuje vysokou heritabilitu, neboť je signifikantně spojeno s alelickou sestavou genu *MSTN*, lze pro úspěšné šlechtění plnokrevníka doporučit testaci na tento gen jako potenciálně velmi užitečný nástroj pro naše chovatele.

Klíčová slova: anglický plnokrevník, rodokmenová analýza, výkonnost, distanční optimum, koeficient příbuznosti

Thoroughbred pedigree analysis depending on optimum racing distance

Summary

The dominant importance is often given to the top Stallions in Thoroughbred breeding. However, the strong maternal influence, which was likely decisive for transfer of skills related with speed potential, is noticeable also by founding lines of Thoroughbreds. It is obvious that all allelic ways related to the performance and all pieces of pedigree should be taken into account for functional development of Thoroughbreds.

In this work, an analysis of pedigree relationships of contemporary elite Thoroughbreds was performed. They were divided into five categories according to their distant optimum from sprinters to endurance. They were compared using relationship (r) and inbreeding (F_x) coefficients. Also chart of kinship relations of successful horses in important races in 2018 was created and distant optimum of offspring of dominant lines in this analysis was calculated.

The Results showed that common ancestors of all of the horses are the most prominent Sires of the second half of twentieth century – *Mr. Prospector* and *Northern Dancer* (both closely relatives over phenomenal mare *Mumtaz Mahal*). However, structure of closer generations are different between distant optimum categories and a few mares showed their independent influence in pedigrees, for example famous *Urban Sea* in endurance category.

Distant optimum, significantly connected with allelic combination of MSTN gene, is the factor with high heritability. The testing of this combination could be a useful tool for breeding of Thoroughbreds.

Keywords: Optimum racing distance, Pedigree analysis, Racing Performance, Relationship coefficient, Thoroughbred,

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Literární rešerše.....	3
3.1	Charakteristika plemene anglický plnokrevník	3
3.1.1	Historie plemene	3
3.1.2	Inbreeding u anglického plnokrevníka	6
3.2	Faktory ovlivňující výkonnost.....	9
3.2.1	Myostatin	9
3.2.2	Svalová adaptace.....	12
3.2.3	Maternální vliv na výkonnost	13
3.2.4	Mitochondriální DNA.....	14
3.2.5	Rasmussenův a X - faktor	14
3.2.6	Další negenetické faktory ovlivňující výkonnost	15
4	Materiál a metodika.....	16
4.1	Kvantifikace příbuzenských vztahů u kohorty nejlépe hodnocených koní v jednotlivých distančních kategoriích podle mezinárodního ratingu za rok 2017	16
4.2	Analýza nejvýznamnějších příbuzenských vztahů u koní, kteří zvítězili, či se umístili v klasických a dalších prestižních dostizích v roce 2018	17
4.3	Analýza úspěšnosti potomstva společných předků na jednotlivých distancích.....	18
5	Výsledky.....	19
5.1	Sprinteři (kategorie S).....	19
5.2	Mílaři (kategorie M)	24
5.3	Středotračáři (kategorie I).....	30
5.4	Vytrvalci (kategorie L)	35
5.5	Supervytrvalci (kategorie E).....	42
6	Diskuse	48
7	Závěr	54
8	Literatura	55

1 Úvod

Chov anglického plnokrevníka je založen na nejdelších a nejpečlivěji vedených rodokmenech ve srovnání s ostatními plemeny koní i všech ostatních hospodářských zvířat. Technologický pokrok v molekulární genetice umožnil sekvenaci rozsáhlých skupin současných koní i vzorků získaných z kostí význačných plemenů minulosti uložených v muzeích (Bower et al., 2012b). Přes některé odhalené nesrovnalosti, je až překvapující vysoký stupeň shody se zápisem v plemenných knihách. To umožňuje seriózní analýzu i nejstarších rodokmenů. Velmi důležitá byla analýza mitochondriální DNA, která poprvé objasnila původ „matek zakladatelek“, tradičně uváděných jako Royal Mares, většinou bez bližší specifikace (Bower et al., 2011). To souviselo s tím, že se hlavní důležitost přikládala pouze hřebcům. Do jisté míry tyto předsudky přetrvávají prakticky dodnes. Často jsou uváděny tabulky a schémata, která často visí ve formě plakátů v klubovnách chovatelů a která ukazují naprosto dominantní rozšíření přímých hřebčích linií, speciálně *Darley Arabian*, u současného plnokrevníka. To může být pro chovatele zavádějící, protože to vypadá jakoby všechny důležité alely genů, významných pro atletickou výkonnost plnokrevníka pocházely právě od jednoho společného předka.

Ve skutečnosti v čistě hřebčí linii sledujeme vlastně především cestu Y chromozomu, který obsahuje všeobecně málo genů a není žádný náznak toho, že by zde měly být geny důležité z hlediska dostihové výkonnosti. V čistě mateřské linii pak sledujeme výhradní cestu mtDNA haplotypů – ty ovšem nesou, na rozdíl od Y chromosomu, řadu potenciálně významných genů oxidačně redukčního řetězce (Sertejn et al., 2016).

Při rodokmenové analýze je naopak třeba zohlednit všechny možné cesty vedoucí od předků k jejich potomkům, tedy přes samotné matky a mateřské otce. Těmito cestami se mohou ubírat jednotlivé alely důležitých genů. Původ varianty genu pro myostatin (MSTN), která rozhodujícím způsobem ovlivňuje rychlostní (sprinterské) předpoklady je toho dobrým příkladem (Bower et al. 2012a).

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je provést rodokmenovou analýzu elitních kohort plemene anglický plnokrevník, vytvořených na základě jejich distančního optima v dostizích, určit rozdílnost jejich liniové skladby a posoudit, zda se v rámci specializace šlechtění na jednotlivé typy distancí dá hovořit o rozdělených subpopulacích elitních plnokrevníků.

3 Literární rešerše

3.1 Charakteristika plemene anglický plnokrevník

3.1.1 Historie plemene

Anglický plnokrevník zaujímá celosvětově mezi domestikovanými zvířaty velmi výjimečné místo. K základům jeho plemenné výstavby dochází v průběhu 18. století v Anglii, především pro potřeby tehdejší aristokracie, která začala šlechtit koně s požadavkem na vyšší výkonnost v tehdejších dostizích, na jejichž výsledky mezi sebou rádi sázeli (Bower et al., 2011). Dnes je chov celosvětově rozšířen, jen uznaných plemenných knih je v současnosti na 68 v různých zemích a není rozhodně jen výsadou elit. Například v roce 2016 se narodilo celosvětově téměř sto tisíc plnokrevných registrovaných hříbat z cca sto padesáti tisíců plnokrevných matek a po více než sedmi tisících plemenných hřebců (IFHA, 2019). Příjmy z prodeje plnokrevných odchovanců, či samotné výhry v dostizích hrají v řadě zemí nezanedbatelnou ekonomickou roli, například v roce 2016 činila celková suma vyplacených výher v rovinných dostizích v přepočtu přes 3.1 miliardy €, sázkový obrat pak přes 100 miliard € (IFHA, 2017).

Anglickým plnokrevníkem z definice Mezinárodního výboru pro plemenné knihy (ISBC) rozumíme koně, který je zaregistrován v plnokrevné plemenné knize země svého narození, přičemž tato plemenná kniha musí mít mezinárodní status „approved“ v čase jeho narození a musí být produktem přirozené plemenitby mezi klisnou a hřebcem, kteří jsou rovněž zapsáni v uznané plemenné knize anglického plnokrevníka, či převedeni z NTB registru (IFHA, 2019c). Celá definice plemene a podmínky zápisu jsou podstatně rozsáhlejší, nicméně nejsou účelné pro rozsah tohoto textu.

Chovným cílem plemene anglický plnokrevník je dle šlechtitelského programu ušlechtilý kůň, dostatečně velkého rámce, korektního harmonického exteriéru, tvrdé konstituce, vysoké výkonnosti v rychlosti a vytrvalosti pro nejvyšší požadavky v dostizích. Chovatelská metoda, používaná k dosažení chovného cíle, je čistokrevná plemenitba. Výsledky kontroly výkonnosti v dostizích jsou podkladem pro odhad plemenné hodnoty a selekci. Zkouškami výkonnosti všech koní obou pohlaví se zjišťuje jejich výkonnostní schopnost, konstituční tvrdost, zdravotní stav, charakter a temperament. Plemenná hodnota

hřebců a klisen se zjišťuje přezkoušením jejich potomstva v dostizích a vyhodnocením příslušnými metodami kontroly dědičnosti, například indexem AEI (ŘPK ČR, 2019). Systém hodnocení výkonnostních zkoušek je dnes celosvětově vysoce propracovaný, a ač existují určité lokální rozdíly a formy publikovaných výsledků, největší váhu nesou a nejvíce jsou ceněny výkony koní v „klasických dostizích“, tj. zkouškách konaných na různých distancích pro tříleté koně. Systém mezinárodního ratingu se pak opírá především o „Pattern system“, mezinárodní standardizaci dostihů nejvyšší úrovně prostřednictvím katalogizace „International Cataloguing Standard“, zahrnující dostihy, které jejich úspěšným absolventům propůjčují „black – type status“, viz dále.

První plemenná kniha anglického plnokrevníka (General Stud Book) byla publikována a uzavřena v roce 1791, Lordem Jamesem Weatherbym. Plemeno bylo vyšlechtěno na základě jenom asi deseti plemenů, z nichž zdaleka nejvíce se uplatnili legendární zakladatelé *Darley Arabian*, *Godolphin Arabian* a *Byerley Turk* a rovněž opomíjený *Curwen Bay Barb* (Cunningham, 1991) a dále využitím sedmdesáti čtyř tzv. „Royal Mares“ (Bower et al., 2011). Analýza mtDNA objasnila původ těchto klisen, tradičně pokládaných vesměs za orientální importy. Na rozdíl od hřebců, nejsou u klisen zakladatelek dostupné tak detailní popisy, vzhledem k tomu, že se v té době nepřikládala klisnám taková důležitost. Celková statistická analýza, vycházející ze studie Bower et al., (2011), která zahrnovala výzkum mtDNA u mnoha plemen koní rozdělených do různých geografických oblastí a která ukázala, že historické záznamy odkazující na výlučný arabský původ klisen – zakladatelek, se neslučuje s distribucí etablovaných mt. haplotypů a naopak ukazuje, že vysoký podíl měly také klisny evropského původu, odhaduje následující relativní zastoupení klisen určitého původu ve skupině zakladatelek anglického plnokrevníka: klisny britských a irských původních plemen (Irish a British Native Mares) 61 %, klisny čistě arabského původu se podílely pravděpodobně jen 8 %, ale ostatní orientální klisny, speciálně berberského původu mohly tvořit zbylých 31 % (Bower et al., 2011). Dědictví berberských koní, včetně „*Godolphina*“, může být významné, jak je možné vidět v souvislosti s variantami MST genu.



Obr. 1 - *Darley Arabian*

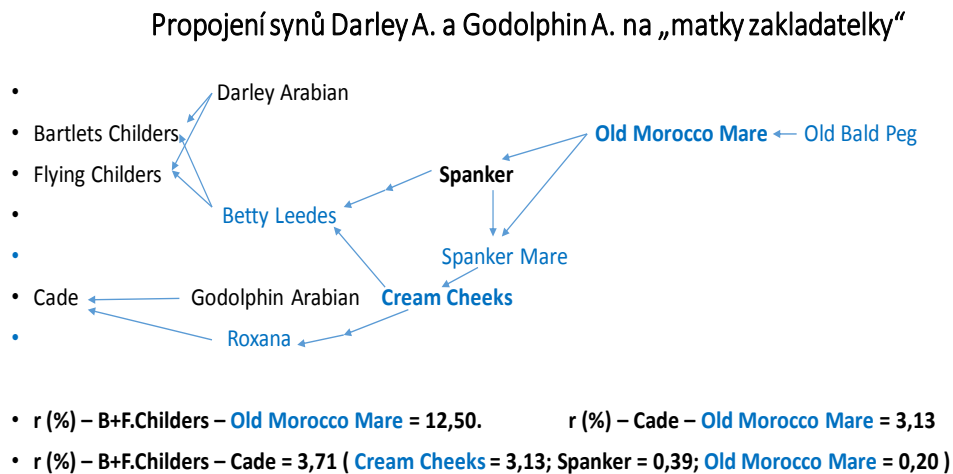
Obr. 2 - *Godolphin Arabian*

Obr. 3 - *Byerley Turk*

<http://www.tbheritage.com/HistoricSires/FoundationSires.html>

Obdobné hodnoty pak vycházejí i u významného pokračovatele této linie *Whalebona*, kde se často zmiňuje úspěšný „cross“ *Eclipse x Highflyer*, nicméně z analýzy rodokmenu vyplývá, že společní předkové s větší pravděpodobností jejich vlivu jsou jiní. Také v dalších generacích se rychleji ztrácí pravděpodobnost vlivu *Darley Arabiana* ve srovnání s *Godolphin Arabian*.

Otázkou tedy je, jak významné byly cesty genů například přes mateřské otce, resp. rozšíření vlivu určitých matek prostřednictvím jejich významných synů (což je pochopitelné vzhledem k omezenému počtu potomků klisny ve srovnání s plemeníkem). Zde je pro příklad prezentováno propojení bezprostředních pokračovatelů linií *Darley Arabiana* a *Godolphin Arabiana* na Royal Mares.



Obr. 6 - Propojení synů *Darley A.* a *Godolphin A.* na Royal Mares

3.1.2 Inbreeding u anglického plnokrevníka

Příbuzenská plemenitba v různých populacích domácích zvířat obecně vede k inbrední depresi, která je způsobena výskytem nepříznivých recesivních mutací, které se mohou zafixovat v homozygotním stavu (Charlesworth a Willis 2009). Selektce na určitý znak, resp. soubor znaků, v uzavřené populaci postupně vede k zvyšování úrovně inbreedingu.

Plnokrevník představuje prakticky největší uzavřenou populaci hospodářských zvířat, u kterého probíhá dlouhodobá intenzivní selekce na vlastnosti související s atletickou výkonností (Gu, et al., 2009). Podmínky, kdy je populace pod silným selekčním tlakem a zároveň dochází ke kontinuálnímu, ale mírnému inbreedingu, mohou nahrávat spíše efektivní eliminaci nepříznivých alel (Todd et al., 2018).

Klasický koeficient inbreedingu F_x (Wright, 1922) je definován jako pravděpodobnost, že dvě alely libovolného lokusu jsou identické původem od společného předka (IBD – identical by descent). Nově definovaný koeficient historie předků A_{HC} (Baumung et al., 2015) je relativní číslo, vyjadřující kolikrát v průběhu segregace v rodokmenu je náhodně vybraná alela původově identická (IBD). Podrobný popis a přístup k programu pro výpočet různých variant koeficientů inbreedingu je uveden v Baumung et al., (2015).

Keller et al. (2011) se zabývali obecnými otázkami porovnání genomického stanovení koeficientu inbreedingu na základě SNP (Single Nucleotide Polymorphism) dat, s klasickým F_x podle Wrighta, který je založený na rodokmenové analýze. Autoři potvrzují empirický předpoklad, že téměř celá variace u Wrightova koeficientu, zde označovaný jako F_{ped} , se soustřeďuje u prvních pěti generací předků. Konkrétní hodnota F_{ped} představuje samozřejmě odhad skutečné autozygotity (homozygotita v důsledku přítomnosti dvou původově shodných – IBD - genomických segmentů), která může být ovlivněna v důsledku stochastického charakteru rekombinací a jejich konečného počtu za generaci. Některé identické sady genů (haplotypů) tak mohou v populaci perzistovat dlouhodobě a náhodně se setkat i u vzdálenějších potomků. Genomický odhad koeficientu inbreedingu může měřit procento autozygotnosti s větší přesností, právě zahrnutím vzdálených společných předků.

Kvantifikace původově shodných alel (IBD), která vychází z Wrightovy originální práce je jedním z fundamentálních konceptů genetiky populací. Nové přístupy na základě genomických dat a vzájemné vztahy mezi IBD a teorií koalescence jsou podrobně diskutovány v práci Powell et al. (2010). Teorie koalescence je model dědičných vztahů mezi alelami daného lokusu. Koalescence – splynutí dvou alel je nejbližší bod zpět v čase, kdy sdílejí posledního společného předka. Ten může být pro jednotlivé geny různě vzdálený. Naproti tomu původově shodné alely (IBD) jsou odvozeny z určité bazální populace zakladatelů. Samozřejmě je rozdíl mezi koalescencí (splyváním) ve smyslu původu alel

jednotlivých genů a ve smyslu genealogických linií. Určitý předek, třeba z definované skupiny zakladatelů (jako je tomu typicky právě v uzavřené populaci plnokrevníka), může být v nepřerušené linii předkem velké většiny, nebo dokonce všech příslušníků populace v nějaké vzdálené budoucí generaci. Přitom ale v této populaci již může být velmi málo, případně žádná, z jeho původních alel genů.

Vliv inbreedingu u plnokrevníka diskutují Todd et al., (2018). Autoři analyzovali vztah inbreedingu a dostihové výkonnosti na souboru 135 000 koní, kteří se zúčastnili dostihů v Austrálii. Negativní korelaci autoři našli při použití klasického koeficientu inbreedingu (F_x) podle Wrighta. Naopak ve všech ukazatelích výkonnosti byla pozitivní korelace s alternativním parametrem inbreedingu, koeficientem historie předků A_{HC} (ancestral history koeficient) (Baumung et al 2015). Inbreeding i na vzdálené předky může v některých případech přispět k udržování genů pro selektované znaky, významné pro výkonnost v dostizích, ale zároveň také nepříznivých genů, které mohou být vázány v příslušných oblastech chromosomu (Todd et al., 2018).

Příkladem cesty nové alely od hřebce *Whalebone* (*1807) až téměř po fixaci u současné populace, je haplotyp HT3 Y chromozomu (Wallner et al., 2013). Není jisté, kdy mutace vedoucí k haplotypu HT3 přesně vznikla, ale muselo to být buď v zárodečné linii *Eclipse*, nebo v následujících dvou generacích vedoucích v přímé otcovské linii k *Whalebone*. Na rozdíl od diferenciálního úseku Y chromozomu, jsou cesty alel lokalizovaných na autozomech ovlivněny rekombinací a obtížněji se sledují v genealogických liniích. Z hlediska diskuse o inbreedingu a selekci je nutno dodat, že určitá neutrální nebo i částečně nepříznivá alela, může cestovat časem ve vazbě s pozitivně selektovaným genovým segmentem. Například se traduje, že *Eclipse*ův děd *Squird* (*1732) trpěl plicním krvácením, které je vyvoláváno tréninkovou zátěží, což je poměrně častý problém v současné populaci. Je možné, že se jedná skryté dědictví *Eclipse*, který sám samozřejmě žádnými problémy netrpěl (Todd et al., 2018).

Přestože je plnokrevník selektován na vystupňovaný atletický výkon, může do budoucna zužující se chovná základna (naprostá dominance některých „dynastií“ hřebců, zejména v Evropě– viz obr. 13) přinést některé problémy spojené s pravděpodobným zvyšováním aktuální úrovně inbreedingu. Navíc se stalo obvyklou praxí zařazování hřebců do chovu po úspěšné, ale velmi krátké kariéře ve dvou a třech letech, často ukončenou i z důvodů

problémů pohybového aparátu. Pryč jsou doby, kdy plemeniči odcházeli z dráhy v plném zdraví po absolvování několika desítek startů minimálně v šesti letech. Tento trend, jehož příčinou je i silný komerční tlak na dřívější využití elitních hřebců v plemenitbě se již ostatně projevuje častou ztrátou konstituční tvrdosti plnokrevníka, jak bylo ostatně vidět v nedávné době na případech fatálních zranění v zápětí po dokončení dostihů nejvyšších kategorií, včetně Kentucky Derby (Gibbons, 2014).

3.2 Faktory ovlivňující výkonnost

3.2.1 Myostatin

U anglického plnokrevníka tvoří masa kosterní svaloviny okolo 55% z jeho celkové tělesné hmotnosti a aerobní kapacita ($VO_{2max} > 200 \text{ ml O}_2/\text{kg}/\text{min}$) je vyšší, než u ostatních „atletických druhů“ podobné velikosti (Tozaki et al., 2012). Pro růst svaloviny je zásadní protein myostatin, který je rovněž nazýván GDF – 8 a patří do super-rodiny TGF – β růstových a diferenciacních faktorů. Bílkovina myostatin je silným inhibitorem utváření svalové tkáně, respektive je jedním z faktorů bránících nekontrolovanému růstu (Stefaniuk et al., 2016). Gen MSTN kódující produkci myostatinu byl lokalizován na chromozóm ECA18. Bylo popsáno několik variant genu MSTN, které jsou asociovány se svalovou hypertrofií různého stupně u několika druhů savců, typicky u skotu, psů, myši i u člověka (Stinckens et al., 2011).

Hill et al. (2010a) se zaměřili na studium polymorfismu MSTN genu u plnokrevníka. Studovaná populace zahrnovala elitní skupinu vítězů groupových dostihů (viz též 4.3), kde byl největší předpoklad maximálního výkonu na dané distanci dostihu. Koně pak byli rozděleni do jednotlivých kohort podle optimální vítězné distance. Jeden z popsaných SNP v prvním intronu MSTN (g.6649373C>T) byl signifikantně asociován s optimální dostihovou distancí, takže koně s genotypem C/C vítězili na sprinterských tratích, genotyp C/T byl nejvhodnější pro středotratě a T/T pro vytrvalce. Zjednodušený model tedy uvádí tratě v průměru okolo 6,2 furlongů (do 1300 metrů) jako distanční optimum pro homozygota C/C, pro heterozygota C/T s větším rozpětím okolo 9,1 furlongů (1300 až 1900 metrů) a pro homozygota T/T vzdálenost okolo 10,5 furlongů (2100 metrů) a více. Tato studie prokazuje, že některá z variant genu MSTN vykazuje vliv na výkonnostní fenotyp u plnokrevníka a na raný vývoj svalového aparátu (Hill et al., 2012). Mimo jiné Williamson a Beilharz (1998) ve své práci například uvádějí koeficient dědivosti distančního optima u australských

dostihových koní 0.94 ± 0.03), jedná se tedy pro šlechtitelskou praxi o velmi významný faktor.

Studie Hill et al., (2010a) byla zaměřena primárně na MSTN gen. V následující práci stejní autoři použili metodiku celogenomové asociace (GWAS) (Hill et al., 2010b). Tato analýza potvrdila jako významnou pouze oblast 1,7 Mb se 7 SNP v okolí MSTN genu na chromozómu 18. Tyto studie ukazují, že heterozygoti C/T MSTN genu mají nejlepší výkonnost na středních tratích, případně až do distance Derby (2400 m). Tento výsledek může být reálným genetickým podkladem empirické zkušenosti chovatelů s „křížením“ různých linií se sprinterskými a vytrvalostními dispozicemi. Z genetického hlediska se jedná vlastně o opakovanou selekci na speciální návaznost linií.

Vzhledem k tomu, že v současnosti jsou právě nejžádanější dostihoví koně s maximální výkonností na tratích od 1600 – 2000 m, kde je již čistě sprinterský genotyp C/C nevýhodný, nebude pravděpodobně jeho zastoupení v populaci narůstat. Frekvence C alely se nicméně bude u plnokrevníka udržovat na poměrně vysoké úrovni, zvláště když je dnes nemyslitelné, aby se na vrcholné úrovni (dostihy Group 1-3) uplatnil třeba i třídivový tempař bez závěrečného „speedu“. Ten ovšem musí být podložen dostatečnou mírou speciální rychlostní vytrvalosti, což je jistě záležitost kombinací alel dalších genů podmiňujících fyziologické vlastnosti důležité pro atletickou výkonnost plnokrevníka. Při selekci na rychlost na extrémně krátkých distancích, jako je tomu u plemene Quarter Horse, naopak vidíme dramatický nárůst homozygotů C/C (Bower et al., 2012a).

Jako další kandidátní gen se zde nachází také NAB1, který interaguje s transkripčním aktivátorem EGR1 (early growth response 1), který patří mezi významně nadexprimované geny po tréninkové zátěži, s pravděpodobným vlivem na svalovou hypertrofii (McGivney et al., 2010). Nicméně, asociace tohoto genu se sledovaným fenotypem distančního optima nebyla významná. Naopak bylo potvrzeno, že i v rámci celogenomové analýzy má polymorfismus MSTN v lokusu g66493737C>T největší signifikantní predikční hodnotu pro odhad distančního optima u plnokrevníka (Hill et al., 2010b). S tím korespondují i výsledky další analýzy transkriptomu po tréninkové zátěži, kde byla exprese MSTN genu nejvíce snížena ve srovnání s dalšími 58 geny s poklesem exprese (McGivney et al., 2010).

Při dalším studiu zaměřeném na variabilitu MSTN genu byly definovány 4 další SNP v oblasti 3'UTR a hlavně inserce 227bp, původem retrovirové sekvence ze skupiny SINE (short interspersed elements), do oblasti 5'UTR promotoru, 146 bp před transkripční start MSTN. Tato vmezeřená sekvence by mohla ovlivňovat, vzhledem ke své lokalizaci expresi MSTN genu. Při porovnání asociací Ins227bp a g.66493737C>T SNP s fenotypovým projevem distančního optima byl opět potvrzen jako nejsilnější vliv C/T genotypu. Nejnovější ze série prací o významu SNP variací myostatinového genu (MSTN) pro predikci distančního optima přináší detailnější objasnění mechanismu jejich působení na molekulární úrovni. Jako rozhodující se ukazuje, také již dříve studovaná (Hill et al., 2010b) inserce SINE sekvence do promotorové oblasti MSTN, která má rozhodující vliv na snížení úrovně transkripce. Inserce SINE absolutně koreluje přítomností C alely – vyskytuje se pouze u koní genotypu C/C a C/T, ale nikdy u koní genotypu T/T (Rooney et al., 2018).

Velmi zajímavé výsledky přinesl přehled frekvencí C alely MSTN g.66493737C/T lokusu u plemen koní z různých geografických oblastí, včetně těch s předpokládaným podílem v zakladatelské populaci plnokrevníka v 18. století (Bower et al., 2012a). Relativně vysoká frekvence C alely (0,33) byla zjištěna u plemene Fulani z oblasti původních berberských koní v Kamerunu, kteří patří mezi dobře doložené předky plnokrevníka. Na druhou stranu má C alela téměř nulovou frekvenci u dalších středoasijských a severoafrických plemen. Např. u plemene Akhal-Teke, známého extrémní vytrvalostí, je frekvence C alely 0,06, přičemž homozygoti C/C se vůbec nevyskytují, frekvence heterozygotů C/T je 0,11 a homozygotů T/T je plných 89 %. Vysoký výskyt C alely (0,32) byl dále zjištěn u místních plemen z Britských ostrovů. Nápadná je vysoká frekvence C alely (50 %) u shetlandských koní z oblasti, kde bylo chováno plemeno Galloway. Tito koně byli používáni v Británii pro dostihy v éře před etablováním plnokrevníka.

Předpokládaným zdrojem C alely u plnokrevníka byla tedy pravděpodobně místní britská populace. Introdukce C alely se navíc odehrála přes mateřskou linii, svědčí pro to analýza DNA z muzejních vzorků kostí významných plemeníků 17. a 18. století, která ukázala, že všichni byli homozygoti T/T (Bower et al., 2012a). Jak se zkracovaly distance hlavních výkonnostních zkoušek, byla selekce v chovu plnokrevníka, prakticky již od počátku minulého století, zaměřena na ranost a vystupňovanou rychlost. To postupně vedlo ke zvýšení frekvence MSTN-C alely, zvláště prostřednictvím nových generací významných plemeníků s četným potomstvem. Pomocí matematického modelu koalescence se zdá, že

k rozhodujícímu nárůstu C alely dochází v 50. a 60. letech prostřednictvím plemeníka *Nearctic* a jeho syna *Northern Dancer*, který je sám o sobě pojmem v chovatelské praxi (Bower et al., 2012a).

3.2.2 Svalová adaptace

Jednoznačné rozdíly mezi jedinci mohou být určeny podílem svalových vláken. Například poměr v zastoupení jednoho druhu vláken, zkoumaný ze středního hýžd'ového svalu (*gluteus medius*) u široké kohorty populace koní stejného plemene, se pohybuje v rozmezí 10–85% (Rivero a Barrey, 2001). Svalová biopsie atletických typů koní rovněž vykazuje variabilitu zastoupení druhů svalových vláken podle jejich výkonnostního profilu, s jasně vyšším zastoupením bílých svalových vláken u sprinterů. V současné době existuje hojná evidence vlivu genetických faktorů na kompozici podílu svalových vláken ve svalech koní (Rivero a Hill, 2016).

Dalším nadexprimovaným genem v kosterní svalovině je α -actinin-3 (ACTN3), který ovlivňuje svalovou kontrakci vytvářením spojení mezi tenkými filamenti Z – disku. ACTN3 hraje nejvýznamnější roli ve vytváření silných kontrakcí filament při vysoké rychlosti. Tento gen byl již sekvenován a porovnán s dalšími plemeny koní, samostatně podle jejich „atletického využití“. Absence homozygotů s genotypem AA u plnokrevníka a převažující genotyp GG u většiny ostatních plemen naznačuje, že alela A bude působit negativně na sprinterskou výkonnost a alela G naopak negativně na silové dispozice (Rivero a Hill, 2016).

Současné studie rovněž identifikovaly dočasně změněné geny související s metabolismem ve svalovině koní po pracovní zátěži a tréninku. Například exprese genů zodpovědných za oxidativní metabolismus a fungování mitochondrií byla navýšena, zatímco exprese genů zodpovídajících za glykolýzu zůstala nezměněna. Například Gu et al. (2010) při studiu osmnácti kandidátních genů pro výkonnost u plnokrevníka uvádějí jednoznačný, i když slabý vztah mezi výkonností a specifickým polymorfismem v CKM (creatine kinase, muscle) a COX4I2 (cytochrom c oxidáza, podj. 4, isoforma 2). Nicméně, polymorfismus v genu PDK4 (pyruvát dehydrogenáza kináza, isoenzym 4) je silně asociován s elitní dostihovou výkonností a nabízí se jeho využití pro systém selekce dostihových koní s kvalitnějšími předpoklady. PDK4 se uplatňuje při klesání oxidace glukózy a nárůstu oxidace mastných kyselin během submaximální zátěže. Jelikož se tyto geny podílejí na celkové výkonnosti s

malým efektem, je velmi pravděpodobné, že na celkovém fenotypovém projevu ve vztahu k výkonosti se podílí velký počet dalších genů. (Rivero a Hill, 2016).

3.2.3 Maternální vliv na výkonost

Existuje mnoho studií, které jsou zaměřeny na identifikaci genů, či jednonukleotidových polymorfismů (SNP), asociovaných s atletickou výkoností plnokrevníka. Existují však rovněž i takové práce, které porovnávají rozdíly maternální a paternální dědičnosti těchto výkonostních předpokladů. Například Lin et al. (2016) na základě své práce, zahrnující dostihové výsledky více než šesti set plnokrevníků z Austrálie a analýzu jejich rodokmenů, uvádí výrazný rozdíl v heritabilitě dostihové výkonosti mezi matkami a potomky ($r = 0.141$, $P < 0.001$) oproti otcům vůči potomstvu ($r = 0.035$, $P = 0.366$). Principem této studie bylo rozdělení sledovaného potomstva do čtyř kategorií podle výkonosti rodičů, tj. potomci elitních klisen a elitních plemeníků, elitních klisen a „slabších“ hřebců, elitních hřebců a klisen s nižší výkoností a obou rodičů s „nízkou“ výkoností na dráze. Za „elitní“ zde bylo považováno nejlepších 30% sledovaných rodičů, zbytek byl kategorizován jako „slabší“. Dostihové výsledky těchto skupin potomstva byly vzájemně porovnány. Nejlepších výkonů dle očekávání statisticky dosahovali potomci elitních klisen a elitních hřebců. Oproti očekávání ovšem nejhorších výsledků nedosahovali potomci „slabých“ plemeníků a klisen, ale tato kategorie byla srovnatelná s potomky „slabších“ klisen a elitních plemeníků. Výkonost potomků vykazovala užší vztah k výkonosti jejich matek, tedy obě kategorie s elitními klisnami, navzdory slabšímu plemeníkovému vykazovali signifikantní podobnost.

Barron (1995) v jiné studii uvádí statisticky významný vztah mezi elitní výkoností potomstva a věkem klisny při ohřebení, či zapuštění, přičemž jako nejvhodnější se jeví reprodukce v osmi až jedenácti letech klisny. Potomci takových klisen vykazovali statisticky výrazně vyšší výkonost oproti těm, kteří se narodili klisnám v jiném, především pozdějším věku. Důvodem může být jednoduše fyziologický stav klisny v tomto věku a tedy i vliv na potomstvo. Už ve starších zdrojích se objevuje tvrzení, že na výsledné tělesné výstavbě hříbat se matka podílí z 55 – 60 % (Hintz et al., 1979). Faktory jako je výživa během prenatalního vývoje a mléčnost ovlivňují hmotnost narozeného potomka, přičemž hříbata starších klisen vykazují nižší tělesnou hmotnost i v pozdějším věku oproti těm narozeným právě ve výše zmíněném rozmezí (Barron, 1995).

3.2.4 Mitochondriální DNA

Častým klišé řady chovatelů je, že na rozvoji rychlostního potenciálu se podílejí matky podstatně vyšší mírou, než plemeni. Jedná se o značně zjednodušené tvrzení, nicméně částečnou oporu je možno nalézt ve výzkumu mitochondriální DNA. Mitochondrie, buněčné semiautonomní orgány hrající základní roli v buněčném dýchání obsahují vlastní cyklickou molekulu DNA (mtDNA), představující mimojadernou součást genetické informace, která se vyznačuje výhradně maternální dědičností. mtDNA se nerekombinuje a přenáší se v podobě několika variant, je však obecně náchylnější k mutacím. Tento fakt hraje mimo jiné důležitou roli ve fylogenetických úvahách o původu druhu a dále pro liniové studie a genealogii populace obecně, včetně ověření správnosti záznamů v plemenných knihách. Studie haplotypů mtDNA rovněž objasnila původ „Royal Mares“ (Bower et al., 2011).

Mitochondriální DNA obsahuje geny kódující enzymy významné v dýchacím řetězci, z tohoto důvodu byly vybrány jako kandidátní geny pro demonstrování vztahu mezi genotypem a atletickou výkonností u savců (Harrison a Gomez, 2006). Je tedy nasnadě, že touto cestou může klisna výrazně ovlivnit výkonnost potomka. Harrison a Gomez (2006) určili 17 haplotypů u kterých byla zkoumána asociace s dostihovou výkonností. Výsledky ukazují, že vzhledem k variabilitě haplotypů v rámci chovných linií není tato metoda vhodná pro přímou předpověď výkonnosti. Nicméně, tito autoři se zaměřili na asociaci haplotypů s konkrétním distančním optimem. Z výsledků vyplývá, že se v elitní populaci dominantně vyskytuje pět haplotypů, II, XV a XVI byly jednoznačně asociovány se sprinterskou výkonností, IV a XI se výrazně vyskytovaly u vytrvalců (Harrison a Gomez, 2006). Některé mitochondriální haplotypy jsou tedy asociovány s výkonností u plnokrevníka, ale výsledky nejsou tak jednoznačné, jako je tomu u variant MSTN genu. Důležitá mutace MSTN, podmiňující rychlost u současného plnokrevníka, je pravděpodobně také dědictvím mateřské linie (Bower et al., 2012a).

3.2.5 Rasmussenův a X - faktor

Rasmussenův faktor je termín, užívaný pro prochování na jednu konkrétní významnou klisnu v rodokmenu ze strany otce i matky, většinou v rozmezí třetí až páté generace (Mitchell, 2004). Příkladem užití takové šlechtitelské metody může být jeden z nejvýznamnějších plemenů *Danehill*, prochovaný 3x3 na významnou klisnu *Natalma*, matku *Northern Dancera*. Tato a další významné klisny, jako *Special*, *Cosmah* či *Almahmoud*

se obdobným způsobem vyskytují i u jedinců ve vybraných kohortách v této práci (viz Tab. 1, 6, 11, 15, 20).

Významný vliv na výslednou dostihovou výkonnost má bezpochyby velikost srdce, i když se nemusí jednat o faktor rozhodující, tj. nelze automaticky říci, že větší srdce se rovná záruka lepší výkonnosti. V této souvislosti je často diskutován tzv. „X – faktor“. Je známo, že někteří fenomenální šampioni, jako např. *Eclipse*, *Phar Lap* či *Secretariat*, disponovali dva až třikrát hmotnějším srdcem oproti běžným hodnotám (Mitchell, 2004). Tyto skutečnosti byly předmětem zájmu různých vědeckých skupin, byla vysledována rodokmenová cesta mutace X_h , přičemž se jedná o znak vyznačující se přenosem s vazbou na X chromozom, tzn., že přenos je možný z otců na dcery a z matek na syny i dcery. Nicméně konkrétní kandidátní gen dosud nalezen nebyl (Haun, 1997). Tento faktor mimo jiné naznačuje důležitost plemeníků v pozici mateřských otců při vytváření potenciální rodokmenové skladby šlechtěného jedince.

V každém případě tato zjištění opět dokazují, že maternální linie hrají významnou roli ve šlechtění na dostihovou výkonnost plnokrevníka (Lin et al., 2016).

3.2.6 Další negenetické faktory ovlivňující výkonnost

Na výslednou výkonnost a dostihové výsledky anglického plnokrevníka má samozřejmě vysoký vliv i technologie a způsob odchovu a dále mnoho ostatních faktorů, jako je trénink, kvalita jezdců, či samotný „dostihový management“ koně, související například se správným nalezením jeho distančního optima a odhadem jeho možností vůči soupeřům a samozřejmě, mohou se vyskytnout i jiné zkreslující faktory související spíše s nelegální činnostmi zúčastněných. Právě z tohoto důvodu jsou pro účely této práce vybírání do jednotlivých kohort jedinci té nejvyšší elitní světové třídy, jelikož u nich jsou tyto faktory působící zkreslení značně eliminovány. V kvalitách mezi jezdci a trenéry světové špičky nejsou výrazné rozdíly, stejně tak dostihové dráhy, kde se konají dostihy úrovně Group, musí vykazovat požadovaný nejvyšší standard a není tedy možné, aby byl výsledek výrazně ovlivněn tímto vnějším faktorem. Rovněž kvalita odchovu (jelikož se jedná o koně značně vysokého ekonomického potenciálu) by měla být kvalitativně přibližně stejná. Nicméně, vliv odchovu na výslednou výkonnost je kapitolou samou pro sebe a není předmětem této práce, která se zaměřuje na nalezení šlechtitelského předpokladu pro samotnou plemenitbu a výběr správného chovného materiálu pro produkci co nejkvalitnějších jedinců.

4 Materiál a metodika

4.1 Kvantifikace příbuzenských vztahů u kohorty nejlépe hodnocených koní v jednotlivých distančních kategoriích podle mezinárodního ratingu za rok 2017

Pro účely této práce bylo vybráno vždy deset nejlépe hodnocených koní z jednotlivých distančních kategorií dle „The Longines Best Racehorses Rankings (2017)“ (IFHA 2019a). Toto hodnocení je každoročně publikováno Mezinárodním výborem dostihových autorit (IFHA) a zahrnuje hodnocení oficiálních handicaperů jednotlivých kontinentů. Toto hodnocení jednotlivých koní je postaveno na výsledcích v dostizích tzv. „Pattern system“, nejvyšších mezinárodních výkonnostních zkoušek, u kterých je z dlouhodobého hlediska zaručen kontinuální výkonnostní standard a jsou každoročně publikovány v International Cataloguing Standard (ICS) (IFHA, 2019b). Jednotlivých kategorií je pět a jsou dle rozsahu distancí definovány:

- Kategorie (S) – sprinteři–1000 – 1300 m
- Kategorie (M) – mílaři – 1301 – 1899 m
- Kategorie (I) – středotračaři („intermediate“)– 1900 – 2100 m
- Kategorie (L) – vytrvalci – 2101 – 2700 m
- Kategorie (E) – supervytrvalci („extra long“) – 2701 m +

V rámci kohort budou porovnány jejich příbuzenské vztahy (způsobem „každý s každým“) pomocí úsekových diagramů, (r) a $F_x(\%)$ (Wright, 1922). Zde nám může být poskytnut rovněž obrázek o silném vlivu některých předků napříč globálními chovatelskými regiony. Výsledkem by měl být rozdíl rodokmenové skladby podle distančních optim, tj. prostřednictvím kterých potomků se lépe šíří vlastnosti související s elitní výkonností ve spojení s distancí.

Koeficient příbuznosti je pravděpodobnost, že dva příbuzní jedinci zdělili alelu téhož lokusu / genu od jednoho společného předka. Označujeme ho malým písmenem r (relatedness, relationship) a vypočítá se podle vzorce:

$$r = \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

kde n je počet kroků v genealogii.

$$F_x = \Sigma [0,5^{n+m+1}(1+Fa)]$$

F_x je Wrightův koeficient, tedy pravděpodobnost, že jedinec zdědil obě alely téhož lokusu / genu od jednoho předka. Jeho hodnota je tedy poloviční ve srovnání s koeficientem příbuznosti. Metodika výpočtu r i F_x je shodná a vychází z analýzy úsekových koeficientů. n je počet volných generací mezi jedincem a společným předkem ze strany otce
 m je počet volných generací mezi jedincem a společným předkem ze strany matky

Pro potvrzení dominance určitých linií je dále provedena analýza rodokmenů deseti nejlépe hodnocených koní v jednotlivých distančních kategoriích podle standardní mezinárodní klasifikace za rok 2018, která byla zaměřena na hledání posledního (tedy nejbližšího) společného předka. Výsledky tedy ukazují zjednodušené příbuzenské vztahy – vždy je uveden pouze nejbližší společný předek alespoň dvou hodnocených koní. (Pokud se společný předek vyskytuje v určitém rodokmenu vícekrát – to platí zejména pro prominentní plemeníky jako je *Northern Dancer* a *Mr. Prospector* – je v tabulce uveden pouze jednou v nejbližší generaci).

4.2 Analýza nejvýznamnějších příbuzenských vztahů u koní, kteří zvítězili, či se umístili v klasických a dalších prestižních dostizích v roce 2018

Následná analýza je zaměřena na porovnání dalších kohort podle výsledků v nejprestižnějších dostizích pro tříleté a starší koně kategorie Group 1 a Group 2 v roce 2018. Pro hodnocení byly vybrány klasické dostihy v Anglii, Irsku, Francii a USA (pokrývající distance v jednotlivých kategoriích od 1600 m do 2800m) a významné sprinterské (1000 až 1200 m, kategorie S) a další vytrvalecké dostihy (od 2800m, kategorie E). Dále to byl Australský Melbourne Cup (3200 m) a Japan Cup (2400 m), největší dostih v Japonsku a rovněž nejbohatší dostih Evropy, Francouzský Prix de l'Arc de Triomphe (2400 m). Výsledky mají za cíl potvrdit pro demonstraci dominantní vliv jednotlivých linií, které se uplatňují v různých distančních kategoriích. Pro analýzu byli vybráni jedinci umístění do pátého místa v jednotlivých zkoumaných dostizích, a kteří jsou zároveň polosourozenci, bratřenci, či příbuzní nejdále do třetí generace. Uvedené diagramy zobrazují jednotlivé cesty ke společným předkům v rámci těchto kohort. V diagramech nejsou pro přehlednost zahrnuta některá častá propojení v 5-6 generaci.

Seznam sledovaných dostihů s uvedením distance a kategorie:

Kategorie S: British Champion Sprint (G1) 6f, Diamond Jubilee Stakes (G1) 6f, Darley July Cup Stakes (G1) 6f, Commonwealth Cup (G1) 6f, Red sprint Cup Stakes (G1) 6f, Prix de l'Abbaye (G1) 1000 m, King George Qatar Stakes (G2) 5f, King Stand Stakes (G1) 5f.

Kategorie M: 1000 Guineas (G1) 8f, 2000 Guineas (G1) 8f, Irish 1000 Guineas (G1) 8f, Irish 2000 Guineas (G1) 8f, Poule d'Essai des Poulains (G1) 1600 m, Poule d'Essai des Pouliches (G1) 1600 m, St James Palace Stakes (G1) 8f, Sussex Stakes (G1) 8f, Queen Anne Stakes (G1) 8f, Coronation Stakes (G1) 8f.

Kategorie I: Turf: Kentucky Derby (G1) 2000 m, Kentucky Oaks (G1) 1800 m, Preakness Stakes (G1) 1800 m, Belmont Stakes (G1) 2400 m.

Dirt: Breeders Cup Classic (G1) 2000 m, Breeders Cup Distaff (G1) 1800 m.

Kategorie L: Breeders Cup Turf (G1) 2400 m, Breeders Cup Filly and Mare Turf (G1) 2200 m, Epsom Derby (G1) 2400 m, Irish Derby (G1) 2400m, Epsom Oaks (G1) 2400m, Darley Irish Oaks (G1) 2400m, Prix du Jockey Club (G1) 2400 m, Prix de Diane (G1) 2100m, Prix de l'Arc de Triomphe – 2400 m, Japan Cup (G1) 2400 m.

Kategorie E: St Leger – Doncaster (G1) 2800 m, Irish St Leger (G1) 2800 m, Prix Royal Oak (G1) 2800 m, Gold Cup (G1) 4000 m, Goodwood Cup (G1) 3200 m, Prix du Cadran (G1) 3000 m, British Champions Long Distance (G2) 3200 m, DFS Park Hill Stakes (G2) 3200 m, Melbourne Cup (G1) 3200 m.

4.3 Analýza úspěšnosti potomstva společných předků na jednotlivých distancích

Další související analýza se týká významných společných předků a výpočtu distančního optima potomstva. Parametrem výpočtu distančního optima je metoda dle Hill et. al., (2010b), za distanční optimum potomka je považována vítězná vzdálenost dosažená v nejvyšší kategorii dostihů (dle International Cataloguing Standard), pokud došlo k více vítězstvím v této nejvyšší kategorii na různých distancích, je započítána ta vyšší. Na základě těchto údajů budou diskutovány rozdíly a složení rodokmenů jednotlivých kohort. V rámci komentáře bude uveden i vážený průměr \bar{x} distancí potomků jednotlivých plemenků.

Rodokmeny jednotlivých zástupců jsou dostupné z <https://www.pedigreequery.com/>, výsledky dostihů se statusem „black type“ byly zpracovány z oficiálních serverů <https://www.pedigreequery.com/>, <http://www.thoroughbredinternet.com/a> <https://www.racingpost.com/>. Distance jednotlivých dostihů jsou převedeny do metrického systému z tradičního uvádění vzdáleností dostihů v některých významných regionech v jednotkách furlong, kdy jeden f = 200 m. V uvedených tabulkách s výsledky (r) a Fx jsou klisny uvedeny modrou barvou.

5 Výsledky

5.1 Sprinteři (kategorie S)

Kohorta: Sprinteři (S)

1. **Harry Angel (IRE)**, ♂, 2014, (Dark Angel (IRE) x Beatrix Potter (IRE))
2. **Battaash (IRE)**, ♂, 2014, (Dark Angel (IRE) x Anna Law (IRE))
3. **Chautauqua (AUS)**, ♂, 2010, (Encosta de Lago (AUS) x Lovely Jubly (AUS))
4. **Lady Aurelia (USA)**, ♀, 2014, (Scat Daddy (USA) x D'Wildcat Speed (USA))
5. **Roy H (USA)**, ♂, 2012, (More Than Ready (USA) x Elusive Diva (USA))
6. **Drefong (USA)**, ♂, 2013, (Gio Ponti (USA) x Eltimaas (USA))
7. **Mr Stunning (AUS)**, ♂, 2013, (Exceed and Excel (AUS) x With Fervour (USA))
8. **Redzel (AUS)**, ♂, 2012, (Snitzel (AUS) x Millrich (AUS))
9. **Caravaggio (USA)**, ♂, 2014, (Scat Daddy (USA) x Mekko Hokte (USA))
10. **Mind Your Biscuits (USA)**, ♂, 2013, (Posse (USA) x Jazzmane (USA))

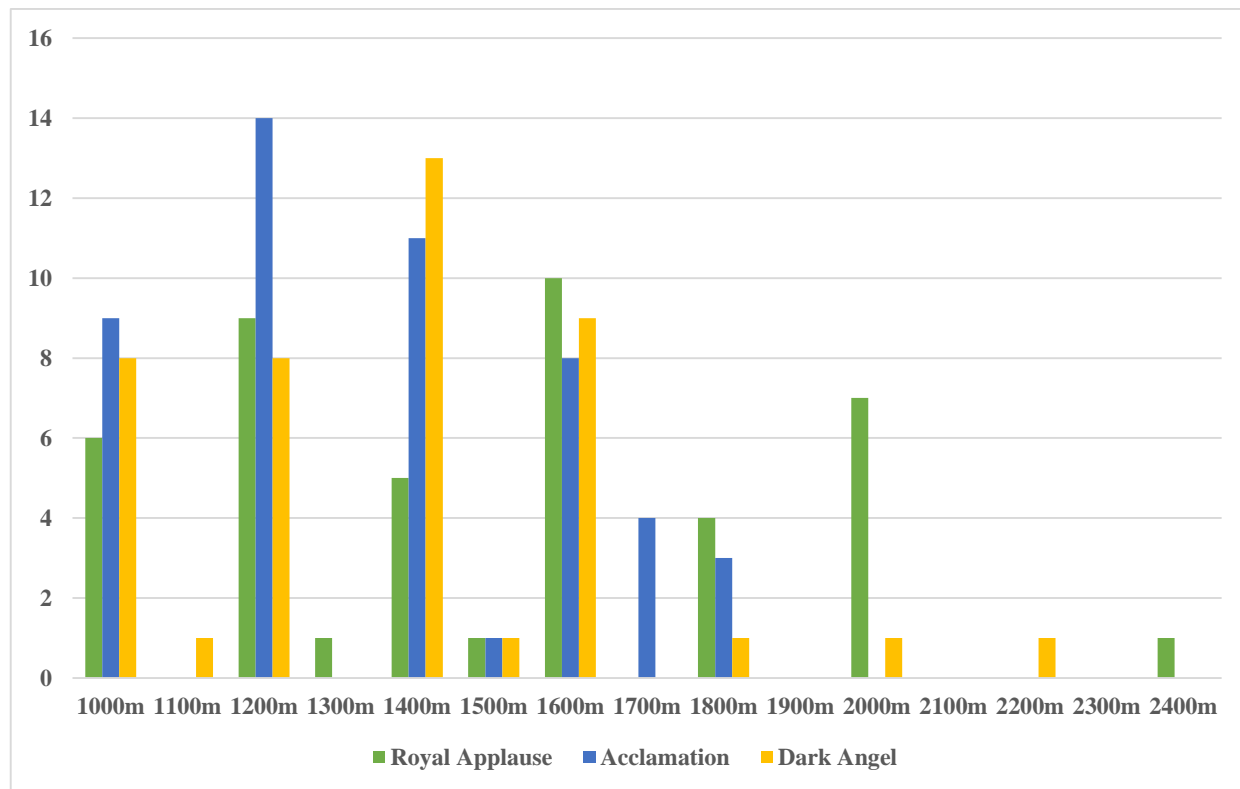
Tab. 1 – sprinteři, r (%) pro určitého společného předka

č. koni	Σ r (%)	Scat Daddy	Storm Cat	Hail To Reason	Storm Bird	Nijnski	Dauchill	Danzig	Secretariat	Tom Rolfe	Buckpasser	Forli	Dark Angel	Night Shift	Sir Ivor	Habitat	Sharpen Up	Raise a Native	Floribunda	In Reality	Relaunch	Mr Prospector	Northern Dancer	Halo	Almahoud (♂)	Yarn (♀)	My Charmer (♀)	Natalma (♂)	Awesome Again	Deputy Minister	On-And-On			
1;2	26,07							0,1					25	0,78									0,19											
1;3	0,98							0,1															0,39	0,49										
1;4	1,26																	0,1					0,97	0,19										
1;5	1,46																						0,78	0,29	0,39									
1;6	1,17															0,1	0,39	0,19					0,39	0,1										
1;7	1,74							0,78															0,39	0,57										
1;8	0,38							0,19																										
1;9	1,07																						0,97	0,1										
1;10	0,59																						0,39	0,1	0,1									
2;3	2,23							0,19															0,58	1,46										
2;4	2,14																	0,1					1,46	0,58										
2;5	2,42																						1,16	0,87	0,39									
2;6	1,06																	0,19					0,58	0,29										
2;7	3,3							0,78															0,58	1,74						0,1				
2;8	0,77							0,19																0,58										

mílových distancích a po dílčích neúspěších v dostizích s nejvyšším statutem, byl menažován do sprinterských dostihů.

Tab. 3- Mezinárodní klasifikace 2018 - analýza posledních společných předků u deseti nejlépe hodnocených koní – kategorie S

Jméno koně	Poslední společný předek v generaci				
	I	II	III	IV	V
Roy H				Mr.Prospector	
				Northern Dancer	
Battash	Dark Angel		Royal Applause	Mr.Prospector	
			Machiavellian	Northern Dancer	
Trapeze Artist	Snitzel		Danehill		Northern Dancer
					Mr.Prospector
Harry Angel	Dark Angel	Cadeaux Genereux	Royal Applause	Mr.Prospector	Northern Dancer
			Machiavellian		
Redzel	Snitzel		Danehill		Northern Dancer
Santa Ana Lane		Shamardal	Danehill	Mr.Prospector	Northern Dancer
				Machiavellian	
Ivictory			Danehill		Northern Dancer
			Mr.Prospector		
Mr.Stunning		Danehill	Lomond	Mr.Prospector	
				Northern Dancer	
Redkirk Warrior			Lomond	Northern Dancer	
			Cedeaux Genereux		
Blue Point	Shamardal	Royal Applause	Machiavellian	Mr.Prospector	Northern Dancer



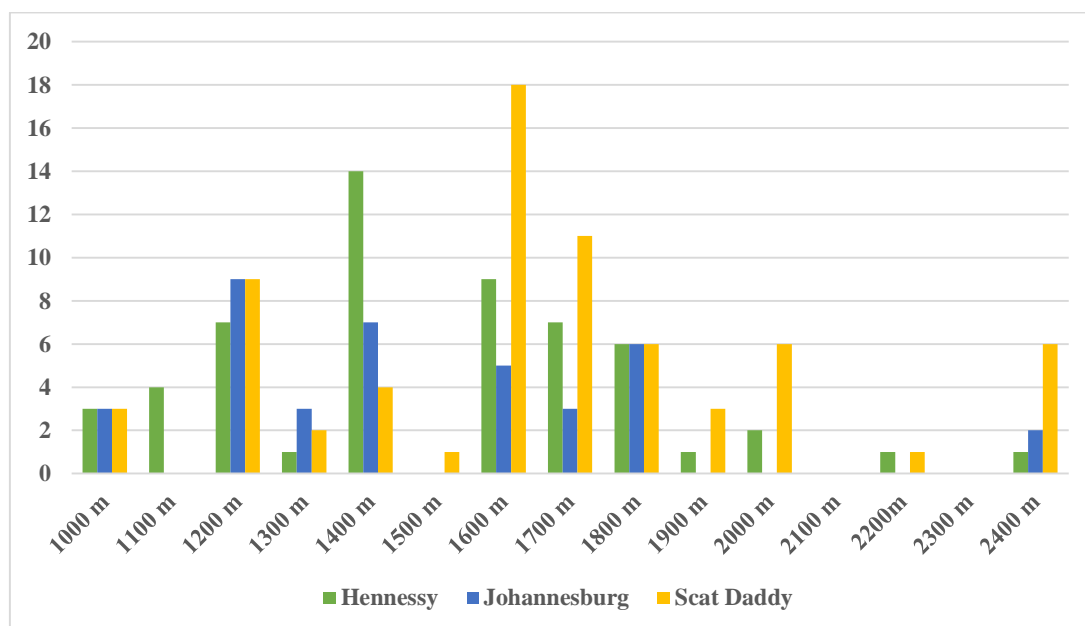
Graf 1 – Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u lineje *Royal Applause* – *Acclamation* – *Dark Angel*

Tab. 4- Počty potomků určitého distančního optima u linie *Royal Applause – Acclamation – Dark Angel*

Distance	Počet potomků							
	1000m	1100m	1200m	1300m	1400m	1500m	1600m	1700m
Royal Applause	6	0	9	1	5	1	10	0
Acclamation	9	0	14	0	11	1	8	4
Dark Angel	8	1	8	0	13	1	9	0

Distance	Počet potomků						
	1800m	1900m	2000m	2100m	2200m	2300m	2400m
Royal Applause	4	0	7	0	0	0	1
Acclamation	3	0	0	0	0	0	0
Dark Angel	1	0	1	0	1	0	0

U této vybrané linie bylo hodnoceno: *Royal Applause* – celkem 44 potomků s „black type“ vítězstvím, \bar{x} = 1450 m; *Acclamation* – celkem 50 potomků s „black type“ vítězstvím, \bar{x} = 1354 m; *Dark Angel* - celkem 43 potomků s „black type“ vítězstvím, \bar{x} = 1316 m. Distanční optima samotných jednotlivých plemenů dle použité metody jsou: *Royal Applause* – 1200m; *Acclamation* – 1200m; *Dark Angel* – rovněž 1200m. Jedná se tedy o vyhrané sprintery. Z grafu č. 1 je patrná i převažující sprinterská specializace jejich potomků, nejvyšších počtů dosahují potomci na distancích do 1400, resp. 1600 metrů, poté jejich podíl výrazně klesá a nad 2000m je v podstatě nulový. Pouze jeden potomek *Royal Applause* dokázal zvítězit na Derby trati, tj. 2400 m, vítěz na delší distanci se u této linie nevyskytuje. Vážené průměry distancí potomků odpovídají sprinterskému založení linie.



Graf 2- Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u linie *Hennessy – Johannesburg – Scat Daddy*

Tab. 5- Počty potomků určitého distančního optima u linie *Hennessy – Johannesburg – Scat Daddy*

Distance	Počet potomků							
	1000 m	1100 m	1200 m	1300 m	1400 m	1500 m	1600 m	1700 m
<i>Hennessy</i>	3	4	7	1	14	0	9	7
<i>Johannesburg</i>	3	0	9	3	7	0	5	3
<i>Scat Daddy</i>	3	0	9	2	4	1	18	11

Distance	Počet potomků						
	1800 m	1900 m	2000 m	2100 m	2200m	2300 m	2400 m
<i>Hennessy</i>	6	1	2	0	1	0	1
<i>Johannesburg</i>	6	0	0	0	0	0	2
<i>Scat Daddy</i>	6	3	6	0	1	0	6

U této vybrané linie bylo hodnoceno: *Hennessy* – celkem 56 potomků s „black type“ vítězstvím, \bar{x} = 1497 m; *Johannesburg* – celkem 38 potomků s „black type“ vítězstvím, \bar{x} = 1479 m; *Scat Daddy* - celkem 70 potomků vítězů kategorií G 1, 2, 3, \bar{x} = 1630 m. Distanční optima samotných jednotlivých plemenů dle použité metody jsou: *Hennessy* – 1400m; *Johannesburg* – 1700m; *Scat Daddy* – 1800m. Jedná se tedy spíše o mílařskou linii, což dokazuje i návaznost na linii *Storm Cat*, který je v souvislosti s touto distancí pojmem. Nicméně i z grafu č. 2 je patrné, že těžištěm produkce této linie jsou potomci s distančním optimem do 1800m, na distancích delších opět výrazně jejich podíl klesá a vítěz na delší distanci, než je 2400m se u této linie opět nevyskytuje. Vážený průměr distancí potomků odpovídá kategorii, její posun může být zkreslen i nižší nabídkou dostihů na kratší distance.

5.2 Mílaři (kategorie M)

Kohorta (M):

1. **Winx (AUS)**, ♀, 2011, (Street Cry (IRE) x Vegas Showgirl (NZ))
2. **Ribchester (IRE)**, ♂, 2013, (Iffraaj (GB) x Mujarah (IRE))
3. **Churchil (IRE)**, ♂, 2014, (Galileo (IRE) x Meow (IRE))
4. **Mor Spirit (USA)**, ♂, 2013, (Eskendereya (USA) x Im a Dixie Girl (USA))
5. **Sharp Azteca (USA)**, ♂, 2013, (Freaud (USA) x So Sharp (USA))
6. **World Approval (USA)**, ♂, 2012, (Northern Afleet (USA) x Win Approval (USA))
7. **Humidor (NZ)**, ♂, 2012, (Teofilo (IRE) x Zalika (NZ))
8. **Taareef (USA)**, ♂, 2013, (Kitten's Joy (USA) x Sacred Feather (USA))
9. **Brametot (IRE)**, ♂, 2014, (Rajsaman (FR) x Morning Light (GER))
10. **Happy Clapper (AUS)**, ♂, 2010, (Teofilo (IRE) x Busking (AUS))

Tab. 6 – mílaři, r (%) pro určitého společného předka

č. koní	Σ r (%)	Galileo	Teofilo	Nijinski	Hail To Reason	Sir Gaylord	Sir Ivor	Stellarette (♀)	Secretariat	Danzig	Buckpasser	Ahonoora	Caro	Lyphard	Forli	Boldnesian	Nureyev	Roberto	Storm Cat	Raise a Native	Blushing Groom	Sadler's Wells	Special (♀)	Mr. Prospector	Northern Dancer	Halo	Tamereff (♂)	Fairy Bridge (♀)	Mariah's Storm (♀)	Lorgnette (♀)	Natalma (♀)	Tom Fool	Hoist the Flag	Bold Ruler
1:2	1,84																							0,78	0,96									
1:3	2,44				0,1																			0,78	1,17					0,1	0,29			
1:4	2,42																				0,19			1,17	0,96							0,1		
1:5	2,14				0,1																			0,78	0,58	0,58						0,1		
1:6	2,63																							1,56	0,58							0,1	0,39	
1:7	1,45																							0,39	0,96							0,1		
1:8	2,15				0,1																			1,56	0,39							0,1		
1:9	1,07																							0,78	0,19								0,1	
1:10	1,94																							0,78	0,97							0,19		
2:3	4,26								0,19			0,19											0,58	0,39	2,91									
2:4	3,19								0,1											0,1				0,58	2,41									
2:5	2,12								0,19						0,1									0,39	1,44									
2:6	4,08																2,34							0,78	0,86		0,1							
2:7	3,77																1,17						0,29	0,19	2,12									
2:8	2,03																						0,29	0,78	0,96									
2:9	0,87																							0,39	0,48									
2:10	3,76																						0,58	0,78	2,4									
3:4	6,43																							0,58	2,72									
3:5	8,68				0,19																			0,39	1,75									
3:6	3,11										0,19													0,39	0,78	1,75								
3:7	14,8	12,5																						0,19	2,13									
3:8	4,69				0,1						0,1													3,13	0,78	0,39								0,19
3:9	1,07																							0,39	0,58									0,1
3:10	15,6	12,5																						0,19	2,14			0,78						
4:5	8,1																							0,58	1,26							3,13		
4:6	2,8																				0,19			1,17	1,44									
4:7	2,7																							0,29	2,41									
4:8	2,7																			0,19			0,19	0,19	1,17	0,96								
4:9	1,45															0,19							0,1	0,1	0,58	0,48								
4:10	2,98																							0,58	2,4									
5:6	1,75														0,1									0,78	0,87									
5:7	2,22										0,78													0,19	1,25									
5:8	2,43				0,1																			0,78	0,58									0,19
5:9	1,07													0,1										0,39	0,29									0,1
5:10	2,13																							0,39	1,35									
6:7	2,33																							0,39	1,16									
6:8	2,71																							0,19	1,56	0,58						0,19		
6:9	3,02							0,78					0,39											0,78	0,29									0,78
6:10	2,62										0,19													0,39	0,78	1,45								
7:8	3,2				0,1	0,48																		1,56	0,1	0,39	0,57							
7:9	0,67																							0,19	0,48									
7:10	27,5	25									0,39													0,19	0,1	1,44		0,39						
8:9	1,54				0,19																			0,78	0,19									0,19
8:10	3,31																							1,56	0,78	0,58		0,39						
9:10	1,26																							0,78	0,48									

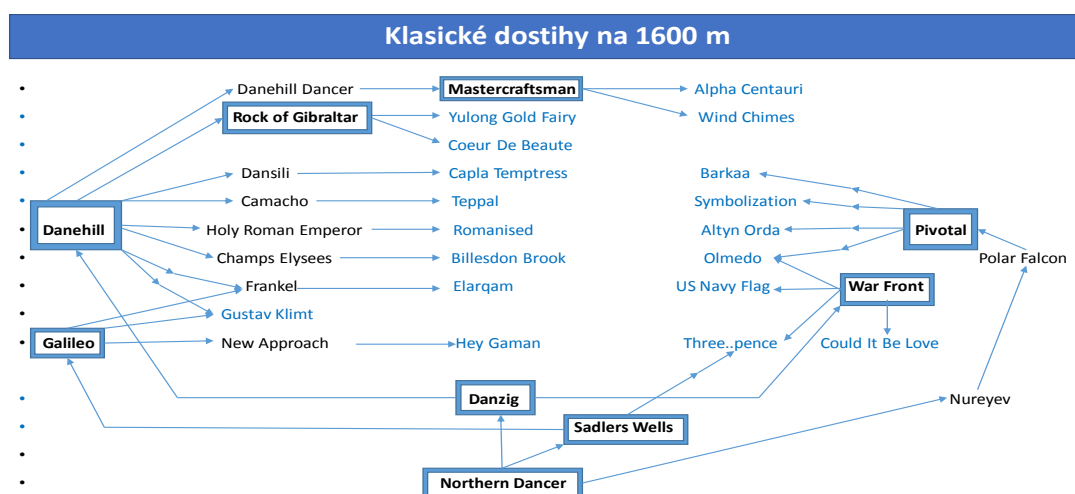
Tab. 7– Koef. inbreedingu Fx (%) u deseti nejlépe hodnocených mílařů (kat. M) v r. 2017

Jméno koně	Fx (%)	Fx (%) pro určitého společného předka												
		Danzig	Nureyev	Fairy Bridge	Seattle Slew	Ballade	Mr. Prospector	Special	Halo	Northern Dancer	Raise A Native	Hail To Reason	Natalma	Tom Fool
Ribchester	2,15		1,56						0,58					
Happy Clapper	2,15			0,78			0,20		1,17					
Humidor	1,76	0,78					0,20		0,78					
Churchil	1,56								1,56					

Mor Spirit	1,56				0,78					0,58	0,20			
Sharp Azteca	1,37					0,39			0,39	0,39		0,20		
World Approval	0,58									0,39				0,20
Winx	0,20													0,20
Taareef	*													
Brametot	*													

Není společný předek do páté generace *. Danzig (*1977), Nureyev (*1977), Fairy Bridge (*1975), Seattle Slew (*1974), Ballade (*1972), Mr. Prospector (*1970), Special (*1969), Halo (*1969), Northern Dancer (*1961), Raise A Native (*1961), Hail To Reason (*1958), Natalma (*1957), Tom Fool (*1949).

Z tabulek č 6 a 7 je opět zřejmé univerzální zastoupení *Northern Dancera* a *Mr. Prospectora*. Narůstá vliv linie *Northern Dancer – Storm Bird – Storm Cat* a rovněž se v této kategorii výrazně začíná prosazovat i nezávislými cestami linie *Sadler's Wells – Galileo – Teofilo*, tyto dvě linie budou rozebrány níže. Výrazně stoupá i vliv samotné *Natalmy* a klisny *Special*, matky významného plemeníka Nureyev a báby *Sadler's Wellse*. Dosud je patrný vliv *Raise A Native*, i když ne již v takové míře, jako u sprinterské kohorty.



Obr. 8- Schéma příbuzenských vztahů u úspěšných absolventů klasických dostihů 2018

V první generaci předků sledovaných koní je zde několik plemeníků s více přímými potomky (polosourozenci, $r = 25\%$): *War Front* – 4, *Rock Of Gibraltar* – 2, *Mastercraftsman* – 2. Ve druhé generaci předků je patrný dominantní vliv plemeníka *Danehill*: 5 x předkem přes různé syny (včetně *Rock Of Gibraltar*) a 1 x jako mateřský otec. Ve třetí generaci je *Danehill* předkem tří sledovaných koní přes *Danehill Dancer* a matku plemeníka *Frankel*. Předkem 4 sledovaných koní ve druhé generaci je plemeník *Pivotal*. Uzlovým bodem prezentované sítě příbuzenských vztahů je *Danzig* (po *Northern Dancer*), který je otcem

Danehill a zároveň *War Front*. Vliv *Galilea* (a tím další linie *Northern Dancera* přes syna *Sadler's Wells*) je zde méně výrazný (viz Obr. 8).

Tab. 8 - Mezinárodní klasifikace 2018 - analýza posledních společných předků u deseti nejlépe hodnocených koní – kategorie M

Jméno koně	Poslední společný předek v generaci				
	I	II	III	IV	V
Beauty Generation		EncostaDe Lago	Fairy King	Fairy Bridge	Mr.Prospector
				Northern Dancer	
				Miswaki	
Gun Runner					Mr.Prospector
					Northern Dancer
Alpha Centauri			Miesque		Mr.Prospector
					Northern Dancer
Benbatl				Mr.Prospector	Northern Dancer
Happy Clapper		EncostaDe Lago	Sadlers Wells	Fairy Bridge	Mr.Prospector
			Fairy King	Miswaki	
				Northern Dancer	
West Coast			Mr.Prospector	Northern Dancer	
Good Magic			Mr.Prospector	Northern Dancer	
			Miswaki		
Hartnell			Sadlers Wells	Fairy Bridge	
				Northern Dancer	
Recoletos			Sadlers Wells	Fairy Bridge	
			Fairy King	Northern Dancer	
			Mr.Prospector		
			Miesque		
City Of Light				Mr.Prospector	
				Northern Dancer	

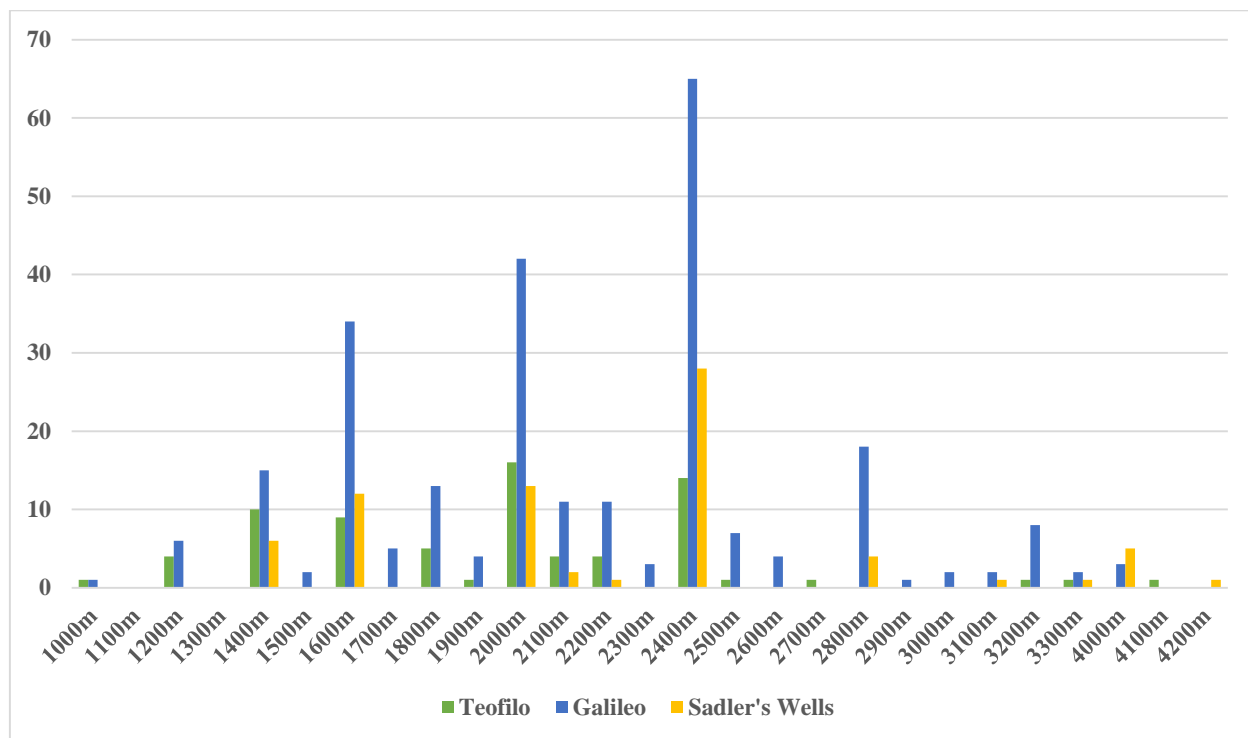
Tab. 9 - Počty potomků určitého distančního optima u linie *Sadler's Wells* – *Galileo* – *Teofilo*

	Počet potomků							
	1000m	1100m	1200m	1300m	1400m	1500m	1600m	1700m
Teofilo	1	0	4	0	10	0	9	0
Galileo	1	0	6	0	15	2	34	5
Sadler's Wells	0	0	0	0	6	0	12	0

	Počet potomků							
	1800m	1900m	2000m	2100m	2200m	2300m	2400m	2500m
Teofilo	5	1	16	4	4	0	14	1
Galileo	13	4	42	11	11	3	65	7
Sadler's Wells	0	0	13	2	1	0	28	0

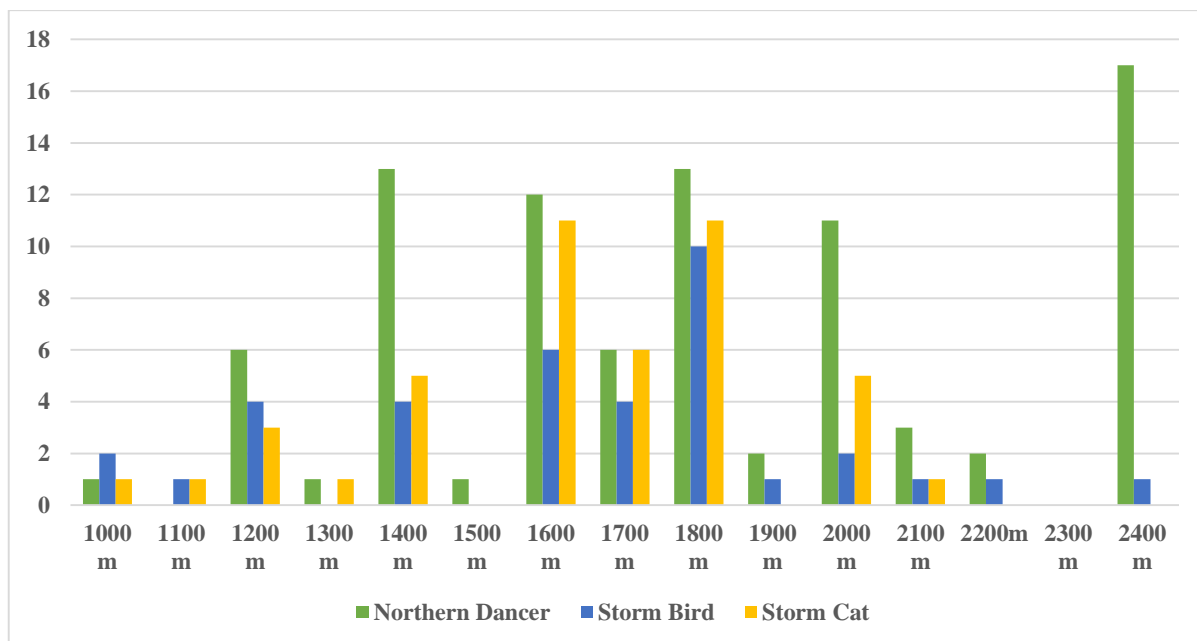
	Počet potomků							
	2600m	2700m	2800m	2900m	3000m	3100m	3200m	3300m
Teofilo	0	1	0	0	0	0	1	1
Galileo	4	0	18	1	2	2	8	2
Sadler's Wells	0	0	4	0	0	1	0	1

Distance	Počet potomků			
	3300m	4000m	4100m	4200m
Teofilo	1	0	1	0
Galileo	2	3	0	0
Sadler's Wells	1	5	0	1



Graf 3 -Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u lineí *Sadler's Wells* – *Galileo* – *Teofilo*

U této vybrané lineí bylo hodnoceno: *Sadler's Wells* – celkem 74 potomků s G 1 vítězstvím, $\bar{x} = 2239$ m; *Galileo* – celkem 259 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, $\bar{x} = 2150$ m; *Teofilo* - celkem 73 potomků s „black type“ vítězstvím, $\bar{x} = 1848$ m. Distanční optima samotných jednotlivých plemeníků dle použité metody jsou: *Sadler's Wells* – 2000m; *Galileo* – 2400m; *Teofilo*–1400m. U *Teofilam* můžeme pozorovat velmi častou pozici *Danehilla* v pozici mateřského otce. *Teofilo* jediný odpovídá z této lineí svým distančním optimem dané kategorii, rovněž jeho potomstvo se uplatňuje nejvíce na těchto tratích, po distanci 2400m podíl jeho potomků klesá na minimum. Vážené průměry potomků u *Sadler's Wells* a *Galileo* ukazují na vyrtvalce, budou diskutováni níže v rámci těchto kategorií. Potomci *Teofila* se pak blíží mílařské kategorii, sám tento plemeník se v příbuzenských vztazích ostatních kohort nevyskytuje.



Graf 4- Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u linie *Northern Dancer* – *Storm Bird* – *Storm Cat*

Tab. 10 - Počty potomků určitého distančního optima u linie *Northern Dancer* – *Storm Bird* – *Storm Cat*

Distance	Počet potomků							
	1000 m	1100 m	1200 m	1300 m	1400 m	1500 m	1600 m	1700 m
Northern Dancer	1	0	6	1	13	1	12	6
Storm Bird	2	1	4	0	4	0	6	4
Storm Cat	1	1	3	1	5	0	11	6

Distance	Počet potomků						
	1800 m	1900 m	2000 m	2100 m	2200m	2300 m	2400 m
Northern Dancer	13	2	11	3	2	0	17
Storm Bird	10	1	2	1	1	0	1
Storm Cat	11	0	5	1	0	0	0

U této vybrané linie bylo hodnoceno: *Northern Dancer* – celkem 88 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1810 m; *Storm Bird* – celkem 37 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1635 m; *Storm Cat* - celkem 45 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1585 m. Distanční optima samotných jednotlivých plemenů dle použité metody jsou: *Northern Dancer* – 2000m; *Storm Bird* – 1400m; *Storm Cat* – 1700m. Zatímco potomci *Northern Dancera* se uplatňují poměrně rovnoměrně na distancích až do 2400m, potomci *Storm Bird* a *Storm Cat* se nejvíce uplatňují v rozmezí pro danou kategorii adekvátním, tj. mezi 1400 – 2000m, což dokazují i vážené průměry distance jejich potomků. U této linie se rovněž nevyskytují elitní potomci s distančním optimem vyšším, než je klasická Derby trať – 2400m. *Storm Bird* a *Storm Cat* se

vyskytují i v rodokmenech dalších kohort, pro mílařské vlastnosti jsou však dominantními v bližších generacích.

5.3 Středotrat'aři (kategorie I)

Kohorta středotrat'aři (I):

1. **Arrogate (USA)**, ♂, 2013, (Unbridled's Song (USA) x Bubbler (USA))
2. **Gun Runner (USA)**, ♂, 2013, (Candy Ride (ARG) x Quiet Giant (USA))
3. **Craksman (GB)**, ♂, 2014, (Frankel (GB) x Rhadegunda (GB))
4. **Ulysses (IRE)**, ♂, 2013, (Galileo (IRE) x Light Shift (USA))
5. **West Coast (USA)**, ♂, 2014, (Flatter (USA) x Caressing (USA))
6. **Highland Reel (IRE)**, ♂, 2012, (Galileo (IRE) x Hveger (AUS))
7. **Collected (USA)**, ♂, 2013, (City Zip (USA) x Helena Bay (GB))
8. **Barney Roy (GB)**, ♂, 2014, (Excelebration (IRE) x Alina (IRE))
9. **Oscar Performance (USA)**, ♂, 2014, (Kitten's Joy (USA) x Devine Actress (USA))
10. **Always Dreaming (USA)**, ♂, 2014, (Bodemeister (USA) x Above Perfection (USA))

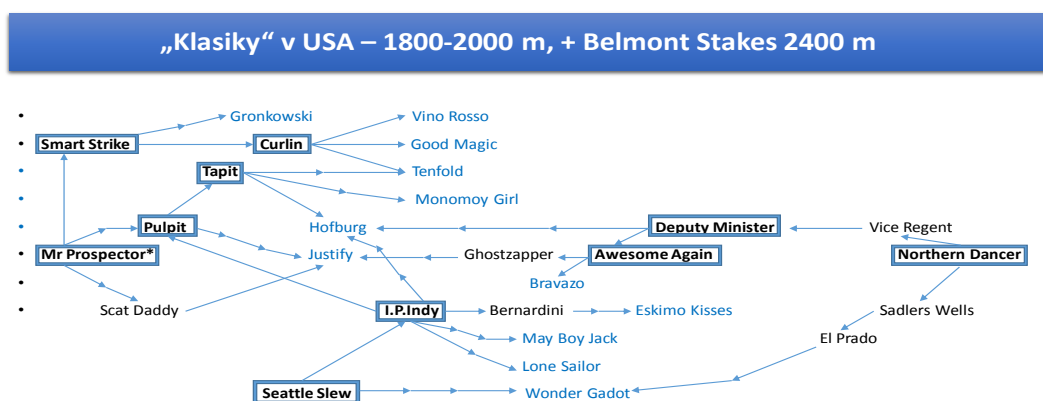
Tab. 11 – středotrat'aři, r (%) pro určitého společného předka

č. koní	Σ r (%)	Caro	Galileo	Fappiano	Danehill	Storm Cat	Unbridled	In Reality	Danzig	Special (♀)	Mr Prospector	Northern Dancer	Raise a Native	Blushing Groom	Secretariat	Lyphard	Roberto	Sadler's Wells	Nureyev	Buckpasser	Natalma (♀)	Hail to Reason	Relaunch	Seattle Slew	A.P. Indy	Somethingroyal (♀)	Native Dancer	
1;2	2,34			1,56							0,39	0,39																
1;3	1,37								0,78			0,59																
1;4	2,93										1,56	1,37																
1;5	2,34										1,56	0,39	0,39															
1;6	1,95								0,78		0,78	0,39																
1;7	2,73							0,39	0,39		1,95	0,1																
1;8	1,85								0,78		0,78	0,29																
1;9	2,15								0,2		1,56	0,39																
1;10	4,57	0,78					3,13	0,1				0,56																
2;3	1,66										0,2	1,17	0,29															
2;4	2,54										1,17	1,37																
2;5	1,75										0,78	0,39		0,19	0,39													
2;6	1,56										0,39	1,17																
2;7	3,14					0,78					0,98	0,2	0,59	0,59														
2;8	1,76					0,39					0,39	0,98																
2;9	1,75										0,78	0,78					0,19											

West Coast	0,78													
Always Dreaming	0,78										0,78			

Danzig (*1977), Fappiano (*1977), Blushing Groom (*1974), Mr. Prospector (*1970), **Special** (*1969), Lyphard (*1969), Hava II (*1964), Buckpasser (*1963), **Runaway Bridge** (*1962), Northern Dancer (*1961), Raise A Native (*1961), Hail To Reason (*1958), **Natalma** (*1957).

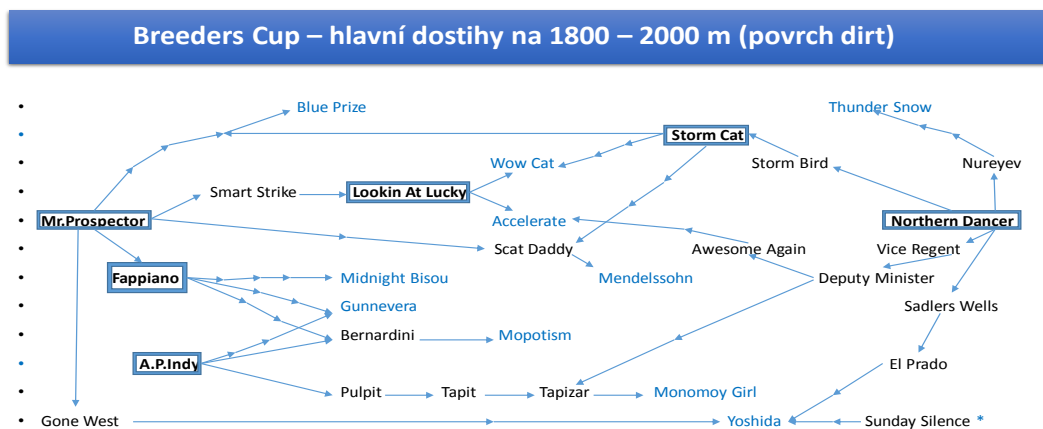
Z tabulek č 11 a 12 je opět patrný univerzální vliv *Northern Dancera* a *Mr. Prospectora*. Výrazněji se zde projevuje vliv jejich pokračovatelů, linie *Danzig – Danehill* a především *Sadler’s Wells – Galileo*, jejíž vliv výrazně narůstá se zvyšující se distancí. V rámci této kohorty můžeme nalézt jak *Galileovy* polosourozence, tak i jedince s hodnotami příbuznosti odpovídající bratrancům. Rovněž je vidět, že se nezávisle prosazuje i vzdálený vliv klisen *Natalma* a *Special*.



Obr. 9 - Schéma příbuzenských vztahů umístěných v klasických dostizích v USA 2018

Klasické dostihy v USA mají poněkud jiný charakter než původní klasické dostihy založené v Anglii na sklonku 19 století a postupně převzaté více méně ve stejné podobě v celé Evropě. Značný rozdíl již představuje odlišný povrch – dirt – a také distanční rozmezí s hlavními zkouškami na středních tratích (1800 – 2000 m). Síť nejbližších příbuzenských vztahů má také jiný charakter, který částečně odráží širší chovatelskou základnu ve srovnání s elitními chovy v Evropě. V první generaci předků se prosadil tentokrát *Curlin*, otec tří sledovaných koní. *Tapit* je otcem jednoho a v druhé generaci dalších dvou koní. Patrný je nárůst vlivu *Mr. Prospector* a to dokonce ve třetí generaci s pěti potomky. Vzdálený vliv *Northern Dancer* se uplatňuje přes linie *Vice Regent – Deputy Minister* a *Sadler’s Wells – El Prado* (zatím jediná významnější linie *Sadlers Wells* v USA). Zajímavý je také stále přítomný

vliv *I.P.Indy* (viz Obr.9).Pozn.: Do tohoto šetření je z klasických Severoamerických klasik zahrnuto i Belmont States, které však distancí neodpovídá přímo této kategorii.



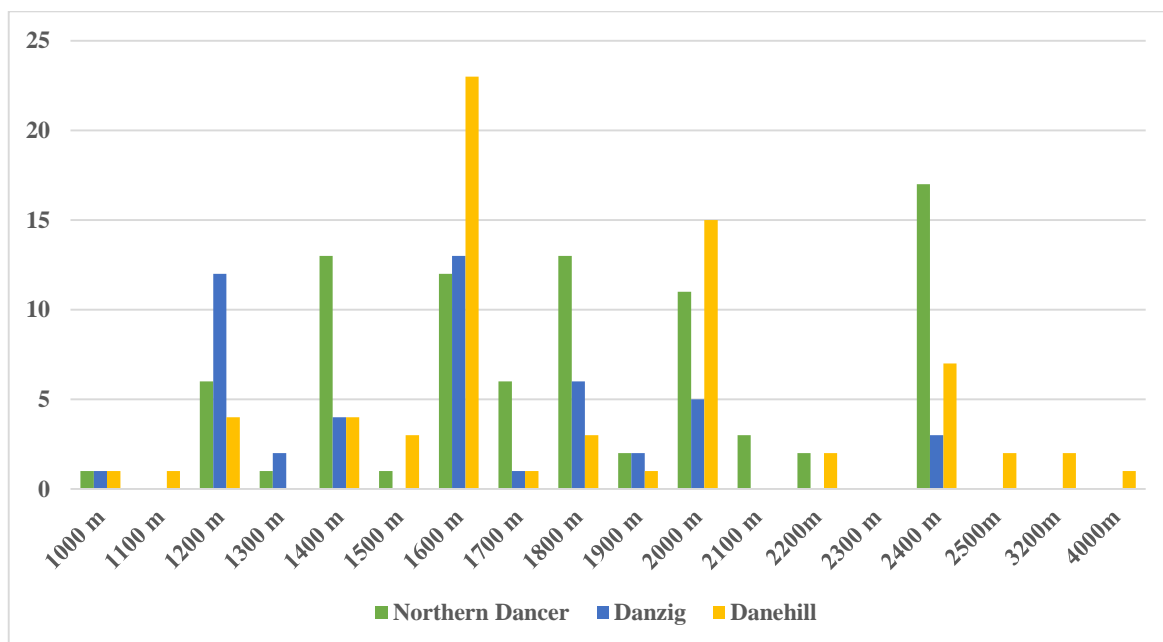
Obr. 10 - Schéma příbuzenských vztahů umístěných v dostizích Breeders Cup 2018

Úplně jiný obraz dává přehled hlavních příbuzenských vztahů u prominentů hlavních dostihů Breeders Cupu na středních tratích na povrchu dirt. Kromě dvou polosourozenců po *Lookin At Lucky*, nalézáme společné předky dalších koní nejbližze ve 3 a 4 generaci a vřadě případů až v 5 či 6 generaci(viz Obr. 10). Na této síti příbuzenských vztahů je ale dobře vidět všudypřítomný (dnes již pochopitelně vzdálenější) vliv *Mr. Prospector* a *Northern Dancer*.

Tab. 13 - Mezinárodní klasifikace 2018 - analýza posledních společných předků u deseti nejlépe hodnocených koní – kategorie I

Jméno koně	Poslední společný předek v generaci				
	I	II	III	IV	V
Cracksman			Sadlers Wells	Northern Dancer	Mr. Prospector
			Danehill	Danzig	
Winx	Street Cry		Mr. Prospector	Northern Dancer	
Accelerate		Awesome Again	Mr. Prospector		Northern Dancer
Roaring Lion			Street Cry	Northern Dancer	Mr. Prospector
			Sadlers Wells		
Poets Word				Danzig	Mr. Prospector
					Northern Dancer
Justify			Awesome Again	Storm Cat	Northern Dancer
			Mr. Prospector	I.P. Indy	
				Nijinski	
Rey De Oro		Kingmambo	Mr. Prospector		Northern Dancer
Catholic Boy			I.P. Indy	Mr. Prospector	
				Northern Dancer	
				Nijinsky	

Thunder Snow			Kingmambo	Northern Dancer	
			Danehill	Danzig	
Gunnevera			Storm Cat	Mr.Prospector	Northern Dancer
			I.P.Indy		



Graf 5- Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u linie *Northern Dancer – Danzig – Danehill*

Tab. 14 - Počty potomků určitého distančního optima u linie *Northern Dancer – Danzig – Danehill*

Distance	Počet potomků							
	1000 m	1100 m	1200 m	1300 m	1400 m	1500 m	1600 m	1700 m
Northern Dancer	1	0	6	1	13	1	12	6
Danzig	1	0	12	2	4	0	13	1
Danehill	1	1	4	0	4	3	23	1

Distance	Počet potomků							
	1800 m	1900 m	2000 m	2100 m	2200m	2300 m	2400 m	2500m
Northern Dancer	13	2	11	3	2	0	17	0
Danzig	6	2	5	0	0	0	3	0
Danehill	3	1	15	0	2	0	7	2

Distance	Počet potomků	
	3200m	4000m
Northern Dancer	0	0
Danzig	0	0
Danehill	2	1

U této vybrané linie bylo hodnoceno: *Northern Dancer* – celkem 88 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1810 m; *Danzig* – celkem 49 potomků s G 1 vítězstvím, \bar{x} = 1590 m; *Danehill* - celkem 70 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1849 m. Distanční optima samotných jednotlivých plemenů dle použité metody jsou: *Northern Dancer* – 2000m; *Danzig* – 1500m; *Danehill* – 1200m. Nejvýraznější počet potomků se nachází okolo mílové trati, u *Danehill* potom do vzdálenosti 2100 m. Vliv této linie se uplatňuje napříč kohortami, nejčastěji však v pozici mateřských otců. Velmi oblíbeným crossem mezi elitními chovateli je právě spojení 3 x 4 *Galileo* x *Danehill*. Je možné, že právě touto cestou jsou úspěšně přenášeny vlastnosti související s rychlostí ve vytrvalosti, tolik potřebné v dnešní elitní konkurenci.

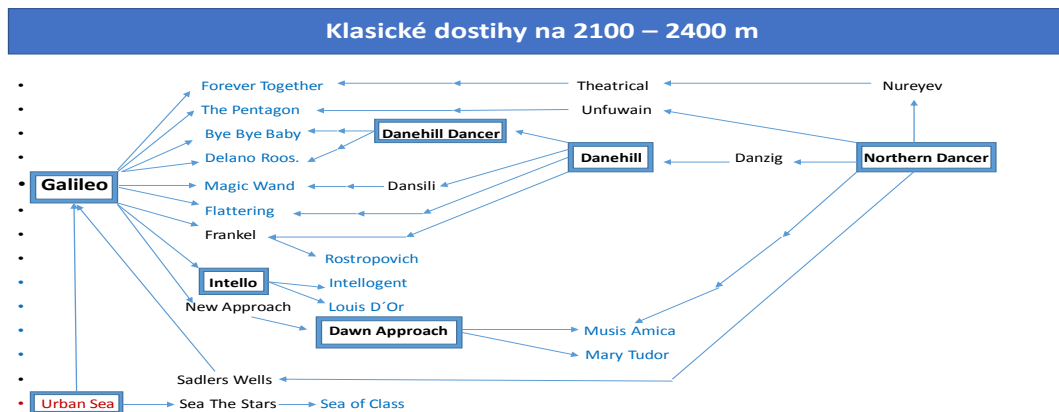
5.4 Vytrvalci (kategorie L)

Kohorta: Vytrvalci (L)

1. **Enable (GB)**, ♀, 2014, (Nathaniel (IRE) x Concentric (GB))
2. **Cloth of Stars (IRE)**, ♂, 2013, (Sea the Stars (IRE) x Strawberry Fledge (USA))
3. **Kitsan Black (JPN)**, ♂, 2012, (Black Tide (JPN) x Sugar Heart (JPN))
4. **Cheval Grand (JPN)**, ♂, 2012, (Heart's Cry (JPN) x Halwa Sweet (JPN))
5. **Jack Hobbs (GB)**, ♂, 2012, (Halling (USA) x Swain's Gold (USA))
6. **Satono Crown (JPN)**, ♂, 2012, (Marju (IRE) x Jioconda (IRE))
7. **Talismanic (GB)**, ♂, 2013, (Medaglia d'Oro (USA) x Magic Mission (GB))
8. **Beach Patrol (USA)**, ♂, 2013, (Lemon Drop Kid (USA) x Bashful Bertie (USA))
9. **Jameka (AUS)**, ♀, 2012, (Myboycharlie (IRE) x Mine Game (AUS))
10. **Rey de Oro (JPN)**, ♂, 2014, (King Kamehameha (JPN) x La Dorada (JPN))

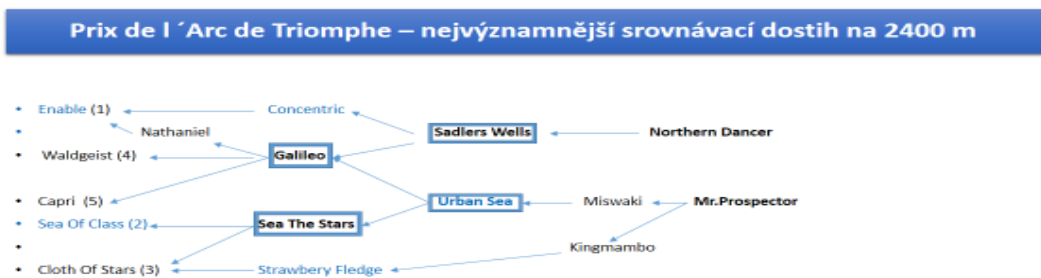
Tab. 15 – vytrvalci, r (%) pro určitého společného předka

č. koní	$\sum r$ (%)	Last Tycoon	Sunday Silence	Native Dancer	Hail To Reason	Kingmambo	Nijinski	Urban Sea (♂)	Shirley Heights	Danzig	Buckpasser	Ahonoora	Machiavellian	Lyphard	Crepello	Never Bend	Nureyev	Sir Ivor	Roberto	Iccapade	Blushing Groom	Sadler's Wells	Special (♂)	Mr Prospector	Northern Dancer	Halo	Almahmoud (♂)	Highclere (♀)	Borghere (♀)	Wind in her Hair (♀)	Natalma (♂)	Mill Reef	Wels Pageant	Green Dancer	Miswaki	Princequillo	Sir Gaylord	Tom Fool	Seattle Slew							
1:2	7,7							3,13	1,56														0,29	0,39	2,33																					
1:3	2,23				0,39																					1,74		0,1																		
1:4	3,2			0,1	0,58																			0,58	0,39	1,16		0,1				0,29														
1:5	1,06			0,1			0,19																			0,58									0,19											
1:6	3,02																								0,1	1,75								0,39			0,78									
1:7	6,83			0,1	0,19																	4,69		0,39	1,17						0,29															
1:8	1,64			0,1																0,19				0,19	0,58	0,58																				
1:9	1,93																			0,19					1,74																					
1:10	2,61				0,1															0,39				0,19	0,58	1,16							0,19													
2:3	1,27																0,1								1,17																					
2:4	3,21																0,78							1,17	1,16							0,1														
2:5	1,26			0,1								0,39													0,58									0,19												
2:6	4,56										0,1							0,19						1,36	1,16							0,19				1,56										



Obr. 12- Schéma příbuzenských vztahů u úspěšných absolventů klasických vytrvaleckých dostihů v Evropě 2018

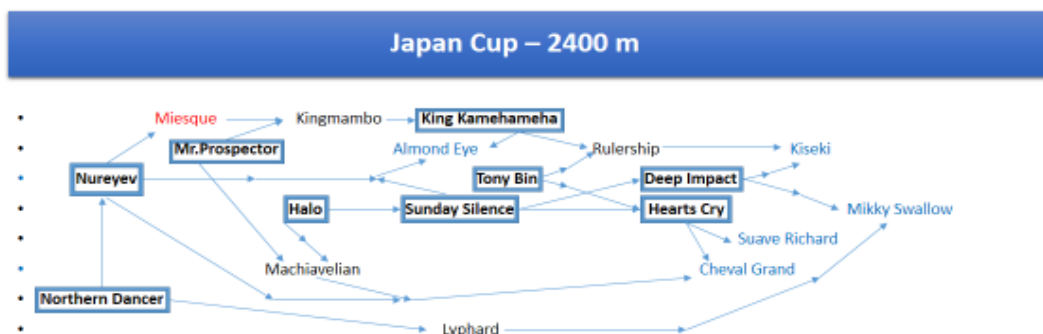
Naopak v klasických dostizích na distancích 2100 – 2400 m naprosto dominuje právě *Galileo*, který je v první generaci předkem šesti sledovaných koní. Ve druhé generaci je *Galileo* předkem dalších tří koní a to přes plemeníka *Intello* (2 potomci) a *Frankel* (1 potomek). Ve třetí generaci je *Galileo* ještě předkem dvou koní, obou po *Dawn Approach*. Také je třeba zdůraznit vliv jedinečné klisny *Urban Sea*, která je matkou nejen *Galilea*, ale také *Sea The Star*, jehož jeden potomek také figuruje v seznamu prominentů klasických dostihů kategorie Long.



Obr. 13- Schéma příbuzenských vztahů absolventů Prix de l'Arc de Triomphe 2018

Prix de l'Arc de Triomphe je vrcholným srovnávacím dostihem s účastí nejlepších plnokrevníků především z Evropy ale i ze světa na klasické „Derby“ trati 2400m. Zde je uvedeno schéma příbuzenských vztahů prvních osmi umístěných (čísla u jmen indikují pořadí v dostihu), které je opravdu pozoruhodné a potvrzuje naprostou dominanci klanu *Galilea* na

této distanci. Uvedené schema (Obr. 13) hovoří samo za sebe, jenom je třeba znovu zdůraznit centrální postavení klisny *Urban Sea*.



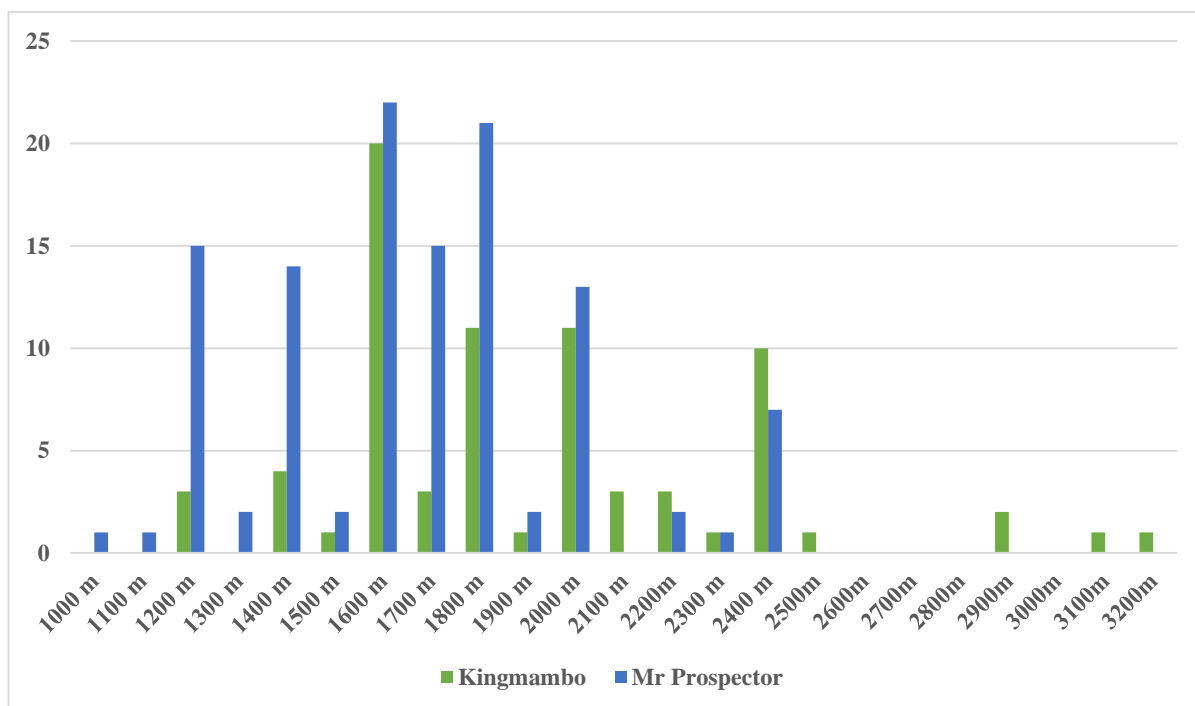
Obr. 14 -Schéma příbuzenských vztahů u úspěšných absolventů Japan Cup 2018

Dalším obdobným prestižním celosvětovým dostihem na této klasické „Derby“ trati je Japan Cup, Zde jsou vidět příbuzenské vztahy prvních pěti umístěných koní v roce 2018 (níže, viz obr. 14). Je zde patrný významný vliv vítěze Japonského Derby z roku 2004 - *King Kamehameha*, potomka hřebce *Kingmambo*. Je otcem vítěze tohoto dostihu *Almond Eye* a dědem druhého umístěného, hřebce *Kiseki*, který patří rovněž mezi deset nejlépe hodnocených koní dle mezinárodního ratingu pro rok 2017 v kategorii E. Je zde rovněž dobře ilustrována dominance japonské linie vytrvalců *Halo – Sunday Silence – Deep Impact*, tato linie je dále podrobněji rozebrána v rámci kategorie E.

Tab. 17 - Mezinárodní klasifikace 2018 - analýza posledních společných předků u deseti nejlépe hodnocených koní – kategorie L

Jméno koně	Poslední společný předek v generaci				
	I	II	III	IV	V
Crystal Ocean	Sea The Stars	<i>Urban Sea</i>		Mr. Prospector	
				Northern Dancer	
Enable		Galileo	Northern Dancer		Mr. Prospector
			<i>Urban Sea</i>		
Almond Eye		King Kamehameha	Kingmambo	Mr. Prospector	
				Northern Dancer	
Cloth Of Stars	Sea The Stars	<i>Urban Sea</i>		Mr. Prospector	
				Northern Dancer	
Blast Onepiece		King Kamehameha	Kingmambo	Mr. Prospector	Northern Dancer

Kiseki		King Kamehameha	Kingmambo	Mr.Pro prospector	Northern Dancer
Magical	Galileo	Urban Sea	Northern Dancer	Mr.Pro prospector	
Sea Of Class	Sea The Stars	Urban Sea		Mr.Pro prospector	Northern Dancer
Waldgeist	Galileo	Urban Sea	Northern Dancer	Mr.Pro prospector	
Best Solution		Kingmambo	Mr.Pro prospector	Northern Dancer	



Graf 6- Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u linie *Mr. Prospector - Kingmambo*

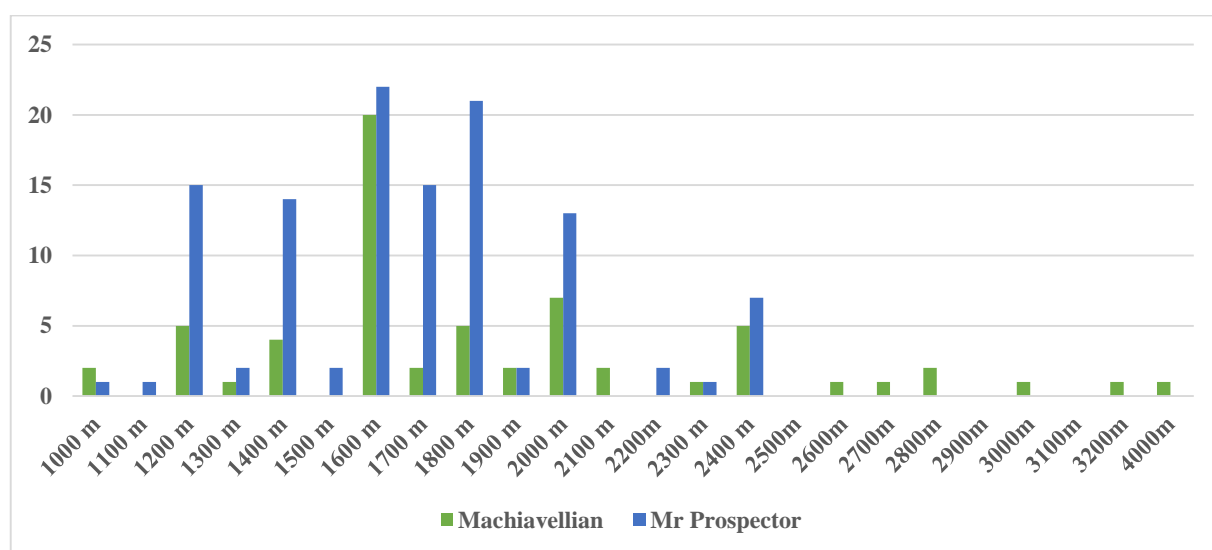
Tab. 18 - Počty potomků určitého distančního optima u linie *Mr. Prospector - Kingmambo*

	Počet potomků							
Distance	1000 m	1100 m	1200 m	1300 m	1400 m	1500 m	1600 m	1700 m
Kingmambo	0	0	3	0	4	1	20	3
Mr Prospector	1	1	15	2	14	2	22	15

	Počet potomků							
Distance	1800 m	1900 m	2000 m	2100 m	2200m	2300 m	2400 m	2500m
Kingmambo	11	1	11	3	3	1	10	1
Mr Prospector	21	2	13	0	2	1	7	0

	Počet potomků						
Distance	2600m	2700m	2800m	2900m	3000m	3100m	3200m
Kingmambo	0	0	0	2	0	1	1
Mr Prospector	0	0	0	0	0	0	0

U této vybrané linie bylo hodnoceno: *Mr Prospector* – celkem 118 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} =1670 m; *Kingmambo* – celkem 76 potomků s black type vítězstvím, \bar{x} =1912 m. Distanční optima samotných jednotlivých plemenů dle použité metody jsou: *Mr Prospector* – 1200m; *Kingmambo* – 1600m. Nejvýraznější počet potomků sprintera *Mr Prospector* se nachází v rozmezí 1200 – 2000 m, s přibývajícím vzdálením jejich počet klesá, nad vzdálením 2400 m již žádný jeho přímý potomek úspěšný není. Potomci *Kingmambo* se nejvýrazněji uplatňují na mílové trati, tj. té, která byla i jeho distančním optimumem. Přesto je vliv této linie výrazný u vytrvaleckých skupin, zde je rovněž možno hledat významný zdroj rychlosti, který je dnes nutný pro úspěch ve vytrvaleckých dostizích. Tento fakt opět dokazuje úspěšnost metody křížení linií s kombinační návazností.



Graf 7 - Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u linie *Mr. Prospector* - *Machiavellian*

Tab. 19 - Počty potomků určitého distančního optima u linie *Mr. Prospector* - *Machiavellian*

	Počet potomků							
Distance	1000 m	1100 m	1200 m	1300 m	1400 m	1500 m	1600 m	1700 m
Machiavellian	2	0	5	1	4	0	20	2
Mr Prospector	1	1	15	2	14	2	22	15

	Počet potomků							
Distance	1800 m	1900 m	2000 m	2100 m	2200m	2300 m	2400 m	2500m
Machiavellian	5	2	7	2	0	1	5	0
Mr Prospector	21	2	13	0	2	1	7	0

	Počet potomků							
Distance	2600m	2700m	2800m	2900m	3000m	3100m	3200m	4000m
Machiavellian	1	1	2	0	1	0	1	1
Mr Prospector	0	0	0	0	0	0	0	0

U této vybrané linie bylo hodnoceno: *Mr Prospector* – celkem 118 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1670 m; *Machiavellian*– celkem 63 potomků s black type vítězstvím, \bar{x} = 1852 m. Distanční optima samotných jednotlivých plemenů dle použité metody jsou: *Mr Prospector* – 1200m; *Machiavellian* – 1200m. Potomci *Machiavellian* se opět nejvýrazněji uplatňují na mílové trati, přestože opět zřejmý jeho vliv na distancích vytrvaleckých.

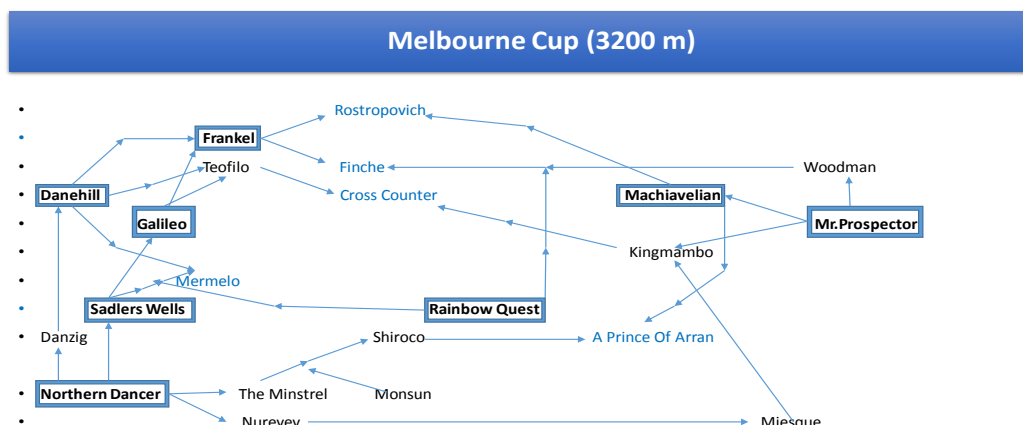
5.5 Supervytrvalci (kategorie E)

Kohorta: Supervytrvalci (E)

1. **Order of St George (IRE)**, ♂, 2012, (Galileo (IRE) x Another Storm (USA))
2. **Big Orange (GB)**, ♂, 2011, (Duke of Marmalade (IRE) x Miss Brown To You (IRE))
3. **Capri (IRE)**, ♂, 2014, (Galileo (IRE) x Dialafara (FR))
4. **Satono Diamond (JPN)**, ♂, 2013, (Deep Impact (JPN) x Malpensa (ARG))
5. **Rekindling (GB)**, ♂, 2014, (High Chaparral (IRE) x Sitara (GB))
6. **Stradivarius (IRE)**, ♂, 2014, (Sea The Stars (IRE) x Private Life (FR))
7. **Crystal Ocean (GB)**, ♂, 2014, (Sea The Stars (IRE) x Crystal Star (GB))
8. **Kiseki (JPN)**, ♂, 2014, (Rulership (JPN) x Blitz Finale (JPN))
9. **Admire Deus (JPN)**, ♂, 2011, (Admire Don (JPN) x Royal Card (JPN))
10. **Ice Breeze (GB)**, ♂, 2014, (Nayef (USA) x Winter Silence (GB))

Tab. 20 – vytrvalci, r (%) pro určitého společného předka

č. koní	Σ r (%)	Galileo	Deep Impact	Native Dancer	Hail To Reason	Kingmambo	Sunday Silence	Urban Sea (♂)	Danehill	Danzig	Buckpasser	Ahonoora	Darshaan	Lyphard	Alydar	Busted	Nureyev	Sir Ivor	Kris	Raise a Native	Blushing Groom	Sadler's Wells	Special (♂)	Mr Prospector	Northern Dancer	Halo	Almahmoud (♂)	Highclere (♀)	Gay Missile (♀)	Lassie Dear (♀)	Natalma (♂)	Sea the Stars	Be My Guest	Tony Bin		
1;2	6,4										0,19																									
1;3	27,33	25																			0,29		0,39	2,72	2,43						0,19	0,19				
1;4	2,14				0,29						0,1														1,46	0,1					0,19					
1;5	7,71		0,1																				6,25		1,36											
1;6	11,6						6,25																3,13	0,97	1,17	0,1										
1;7	9,17						6,25																	0,97	1,95											
1;8	2,43			0,1																				1,36	0,97											
1;9	3,69			0,19							0,1													1,36	1,94	0,1										
1;10	3,32			0,1																				2,73	0,49											
2;3	5,94								1,56	0,19										0,1			0,39	0,78	2,53			0,1	0,29							
2;4	3,17								0,78	0,19			0,39	0,19											1,33											
2;5	3,79												0,19												2,92					0,29						
2;6	4,17								0,78	0,19			0,39							0,1			0,19	0,78	1,64						0,1					
2;7	3,69								0,78	0,19										0,1				0,78	1,74					0,1						
2;8	4,18					1,56			0,78				0,19				0,39			0,1			0,39	0,77												
2;9	3,2										0,19									0,1				0,78	1,94					0,19						
2;10	5,56							3,13														0,39		1,56	0,29											
3;4	3,4			0,58					0,78	0,1															1,55	0,1				0,29						
3;5	8,2																						6,25		1,95											
3;6	10,8						6,25		0,78														3,13		0,58	0,1										
3;7	9,17						6,25		0,78																2,14											



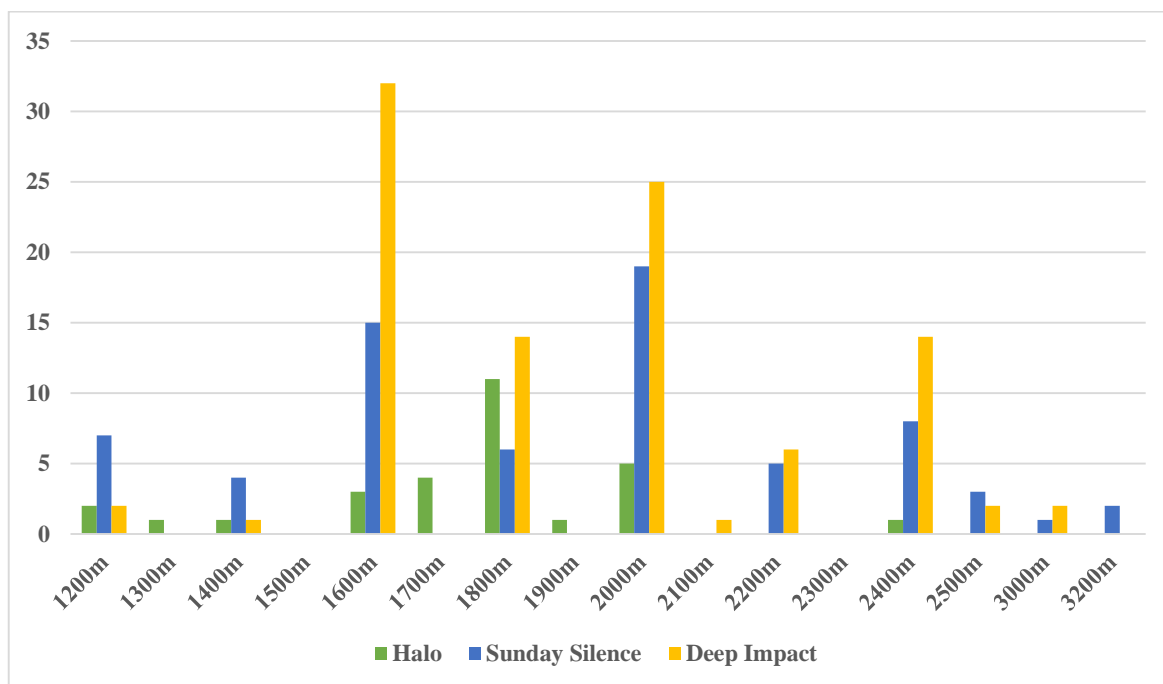
Obr. 16- Schéma příbuzenských vztahů u úspěšných absolventů Melbourne Cup 2018

Australský Melbourne Cup (3200 m) je nejprestižnějším dostihem jižní polokoule. Tuto tradiční zkoušku ovládli Evropané a to opět prostřednictvím linie *Northern Dancer* – *Sadler's Wells* – *Galileo*. Za povšimnutí stojí, že se zde uplatnili *Galileovi* synové *Frankel* a *Teofilo*, jejichž vlastní distanční optimum bylo na mílových, maximálně středních tratích. (*Frankel*, sám šampion již ve dvou letech, dává proti očekávání spíše pozdnější vytrvalce).

Tab. 22 - Mezinárodní klasifikace 2018 - analýza posledních společných předků u deseti nejlépe hodnocených koní – kategorie E

Jméno koně	Poslední společný předek v generaci				
	I	II	III	IV	V
Kew Gardens	Galileo	Urban Sea	Danehill	Danzig	
		Sadlers Wells	Northern Dancer	Mr. Prospector	
Stradivarius		Urban Sea	Sadlers Wells	Danzig	
				Northern Dancer	
Rainbow Line		Sunday Silence			Northern Dancer
Torcedor		Sadlers Wells	Danzig		
		Danehill	Northern Dancer		
Vazirabad			Mr. Prospector	Northern Dancer	
Cross Counter		Galileo	Sadler's Wells	Northern Dancer	
		Kingmambo	Urban Sea		
			Danehill		
			Mr. Prospector		
Fierement		Sunday Silence		Mr. Prospector	Northern Dancer
Flag Of Honour	Galileo	Sadler's Wells	Northern Dancer	Mr. Prospector	
		Urban Sea			
Marmelo		Danehill	Sadlers Wells	Mr. Prospector	
			Danzig	Northern Dancer	
			Kingmambo		

Clincher			Sunday Silence	Northern Dancer	
			Danzig		



Graf 8 - Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u linie *Halo* – *Sunday Silence* – *Deep Impact*

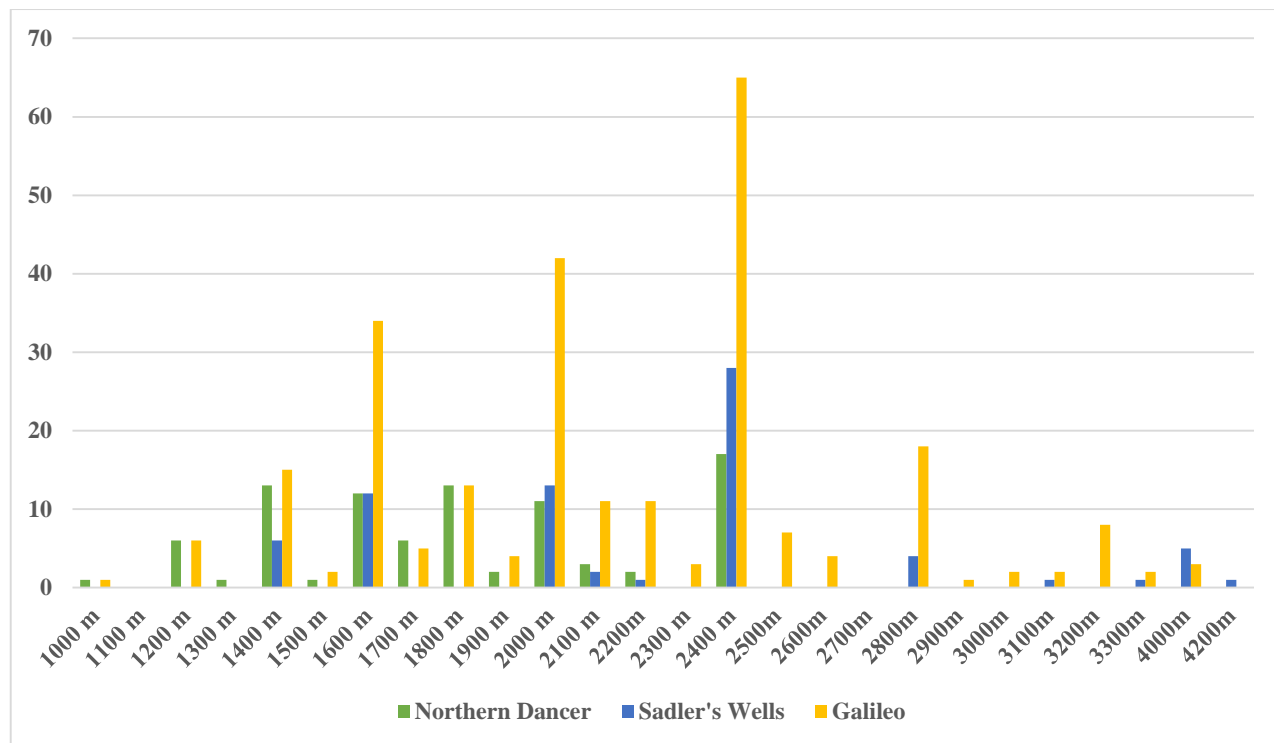
Tab. 23 - Počty potomků určitého distančního optima u linie *Mr. Prospector* - *Machiavellian*

Distance	Počet potomků							
	1200m	1300m	1400m	1500m	1600m	1700m	1800m	1900m
Halo	2	1	1	0	3	4	11	1
Sunday Silence	7	0	4	0	15	0	6	0
Deep Impact	2	0	1	0	32	0	14	0

Distance	Počet potomků							
	2000m	2100m	2200m	2300m	2400m	2500m	3000m	3200m
Halo	5	0	0	0	1	0	0	0
Sunday Silence	19	0	5	0	8	3	1	2
Deep Impact	25	1	6	0	14	2	2	0

U této vybrané linie bylo hodnoceno: *Halo* – celkem 29 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1752 m; *Sunday Silence* – celkem 70 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1913 m; *Deep Impact* - celkem 99 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1920 m. Distanční optima samotných jednotlivých plemenů dle použité metody jsou: *Halo* – 1900 m; *Sunday Silence* – 2000 m; *Deep Impact* – 3200 m. Nejvíce potomků této prominentní japonské linie, která dala základ významné konkurenceschopnosti japonského chovu v celosvětovém měřítku, se uplatňuje v distančním rozmezí od 1600 m do 2000 m. U hřebce *Halo* toto rozmezí přibližně odpovídá jeho optimu, potomci *Sunday Silence* a *Deep Impact* se prosazují i na delších

vzdálenostech i za hranicí „Derby tratě“. V této souvislosti je nutno rovněž uvést, že nabídka elitních dostihů na vzdálenosti vyšší, než 2400 m v rovinových dostizích silně klesá, nízké počty takových potomků tedy mají svůj význam. Vytrvaleckou specializaci linie potvrzují výrazně i vážené průměry distančních optim jejich potomků.



Graf 9 - Rozložení potomků okolo určitého distančního optima u linie *Northern Dancer* – *Sadler's Wells* – *Galileo*

Tab. 24 - Počty potomků určitého distančního optima u linie *Northern Dancer* – *Sadler's Wells* – *Galileo*

Distance	Počet potomků							
	1000 m	1100 m	1200 m	1300 m	1400 m	1500 m	1600 m	1700 m
Northern Dancer	1	0	6	1	13	1	12	6
Sadler's Wells	0	0	0	0	6	0	12	0
Galileo	1	0	6	0	15	2	34	5

Distance	Počet potomků							
	1800 m	1900 m	2000 m	2100 m	2200m	2300 m	2400 m	2500m
Northern Dancer	13	2	11	3	2	0	17	0
Sadler's Wells	0	0	13	2	1	0	28	0
Galileo	13	4	42	11	11	3	65	7

Distance	Počet potomků							
	2600m	2700m	2800m	2900m	3000m	3100m	3200m	3300m
Northern Dancer	0	0	0	0	0	0	0	0
Sadler's Wells	0	0	4	0	0	1	0	1
Galileo	4	0	18	1	2	2	8	2

Distance	Počet potomků	
	4000m	4200m
Northern Dancer	0	0
Sadler's Wells	5	1
Galileo	3	0

U této vybrané linie bylo hodnoceno: *Northern Dancer* – celkem 88 potomků s G 1, 2, 3 vítězstvím, \bar{x} = 1810 m; *Sadler's Wells* – celkem 74 potomků s G 1 vítězstvím, \bar{x} = 2239 m; *Galileo* - celkem 259 potomků s black type vítězstvím, \bar{x} = 2150 m. Distanční optima samotných jednotlivých plemenů dle použité metody jsou: *Northern Dancer* – 2000m; *Sadler's Wells*– 2000 m; *Galileo*– 2400 m. Už z množství elitních potomků je zjevné, že se jedná o linii, která v současné době vládne chovu anglického plnokrevníka. Nicméně těžiště produkce tkví na vytrvaleckých distancích. Univerzální rozsah *Northern Dancera* byl popsán již výše. Potomci *Sadler's Wellse* se uplatňují již od distance 1400 m, nejvýznamněji pak ale na trati 2400 m. Současný fenomenální plemník *Galileo* vykazuje úspěšné potomstvo na všech distancích, nejvíce však na 2400 m. U vyšších vzdáleností je pak naprosto dominantní, což potvrzují i hodnoty vážených průměrů distančních optim potomstva *Sadler's Wellse* i *Galilea*.

6 Diskuse

Zatímco ve vzdálenější páté generaci všichni špičkoví koně bez ohledu na distanční optimum směřují ke společnému předkovi, ve skladbě předků v první až třetí generaci je významný rozdíl podle jednotlivých kategorií. Výsledky analýz jednotlivých hodnocených souborů jednoznačně ukazují na rozhodující význam jednotlivých linií v závislosti na těchto kategoriích. U prominentních plnokrevníků – vítězů a umístěných v dostizích nejvyšší kategorie G1 - je patrné významné propojení příbuzenských vztahů prostřednictvím dominantních linií v rámci jednotlivých distančních kategorií. Kromě celé řady polosourozenců ($r = 25\%$) se jedná většinou o blízké bratrance a sestřenice s koeficientem r , který se pohybuje od 6,25 do 12,5 % (viz tab. 1, 6, 11, 15, 20). Z těchto tabulek je také patrné, že navzdory omezenému počtu potomků, kterými oproti plemenům disponují, prosazují se výrazně v rodokmenové skladbě i významné klisny, či dokonce nezávisle zástupkyně určité rodiny (viz tab. 15). Tento fakt však bývá v naší šlechtitelské praxi dosud opomíjen. Výše uvedená skutečnost navíc nepřímo podporuje výsledky studie Lin et al., (2016) (viz 3.2.3), které počítají s vyšší heritabilitou výkonosti ve vztahu potomků k matkám oproti otcům. Na druhé straně je u většiny koní poměrně nízký koeficient inbreedingu se společnými předky

v 5. až 6. generaci. Drtivá většina rodokmenů zde ovšem směřuje k *Northern Dancer* a *Mr. Prospector* (viz tab. 2, 7, 12, 16, 21). Je velmi pravděpodobné, že bude v dnešní době obtížné najít anglického plnokrevníka, v jehož rodokmenu se nenacházejí právě tito prominentní plemeníci druhé poloviny dvacátého století, především *Northern Dancer*. Všeobecně nízký koeficient inbreedingu odráží chovatelskou strategii zaměřenou na opakovanou selekci na kombinační návaznost jednotlivých linií, typicky s různými distančními předpoklady.

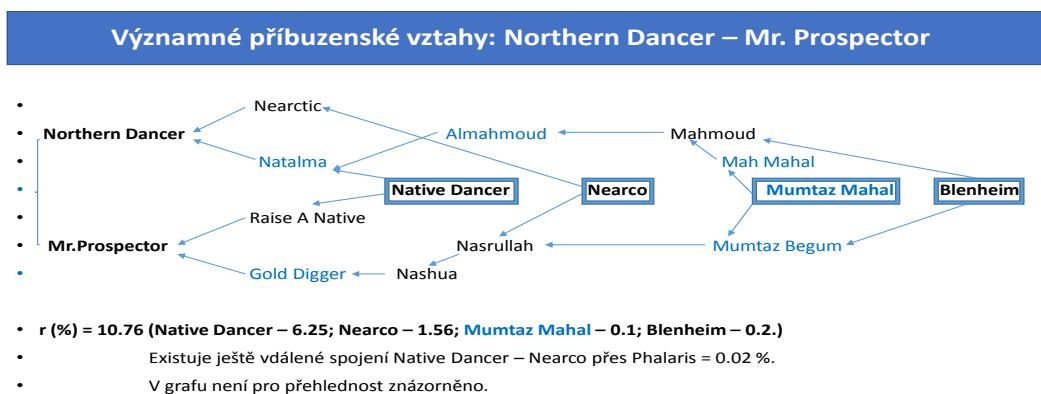
Výsledky prezentované v tabulkách č. 3, 8, 13, 17 a 21 i v této zjednodušené formě ilustrují rozdíly mezi skupinami podle distancí. V kategorii S se vyskytují společní předkové již v první generaci (hodnocení koně jsou tedy polosourozenci) a rodokmeny řady koní jsou dále propojeny přes druhou a třetí generaci předků. Typicky zde dominují *Dark Angel* a jeho děd *Royal Applause* a také *Danehill* a zcela chybí synové *Urban Sea - Galileo* a *Sea The Star*. Zcela opačná je situace u koní klasifikovaných v kategoriích L a E. Zde je naopak výrazná dominance *Galilea*, který je otcem čtyř hodnocených koní (v obou kategoriích, viz tab. 17 a 21). Dále je předkem v druhé generaci dalších dvou koní, prostřednictvím synů *Nathaniel* a *Teofilo*. Významně se také uplatňuje *Galileův* polobratr *Sea The Star*, který je otcem tří hodnocených koní v kategorii L a jednoho v kategorii E. Výjimečná je *Urban Sea*, matka *Galilea* i *Sea The Star*, která je tak ve vytrvaleckých kategoriích L a E společným předkem osmi koní ve druhé a dvou ve třetí generaci. V kategorii L stojí za povšimnutí vliv *King Kamehameha* (a jeho otce *Kingmabo* (je také mateřským otcem *Best Solution* – viz tab. 17). Jedná se o úspěšný klan japonských vytrvalců ze spojení na tamní dominantní linii *Sunday Silence*. V kategorii E dále posiluje vliv *Galileova* otce *Sadler's Wells*, který je mateřským otcem *Torcedor*, otcem matky matky *Stradivarius* a otcem otce matky *Marmelo* (přes dalšího syna *In The Wings*). V kategoriích L a E dle očekávání nefigurují význační nejbližší předkové koní v kategorii S, jako *Dark Angel*, *Royal Applause* a *Snitzel*. Pro kategorie M a I je typická pestřejší skladba předků v nejbližších generacích, když v těchto kategoriích společní předkové nefigurují nikdy v první generaci (nevyskytují se zde žádní polosourozenci). V jednom případě je předkem ve druhé generaci u dvou koní v kategorii M plemeník *Encosta De Lago*. *Street Cry* je předkem také dvou koní v kategorii I, tentokrát v první a třetí generaci (viz tab. 13).

Poslední (nejbližší) společný předek celkem padesáti koní, po deseti nejlépe hodnocených z každé z pěti kategorií podle distancí, je hřebec *Northern Dancer*, který je

všeobecně mezi chovateli považovaný za nejdůležitějšího plemeníka moderního chovu (Bower et al., 2012a). V uvedeném souboru špičkových koní k němu dojdeme nejpozději v páté generaci, ale často také ve čtvrté a v šesti případech ve třetí generaci (výhradně v kategoriích L a E a to prostřednictvím jeho nejúspěšnějšího syna *Sadler's Wells* – otce *Galilea*, prominentního plemeníka současnosti). Velmi početná je také skupina koní, jejichž posledním společným předkem je *Mr. Prospector*. Ten chybí v rodokmenu po jednom z koní hodnocených v kategorii S, M a I, a u čtyř koní hodnocených v kategorii E. *Northern Dancer* a *Mr. Prospector* jsou navíc poměrně blízcí příbuzní přes společného předka ve druhé generaci – *Native Dancer*. Další vzdálenější propojení rodokmenů II - IV je na legendárního hřebce *Nearco* (viz obr. 18).



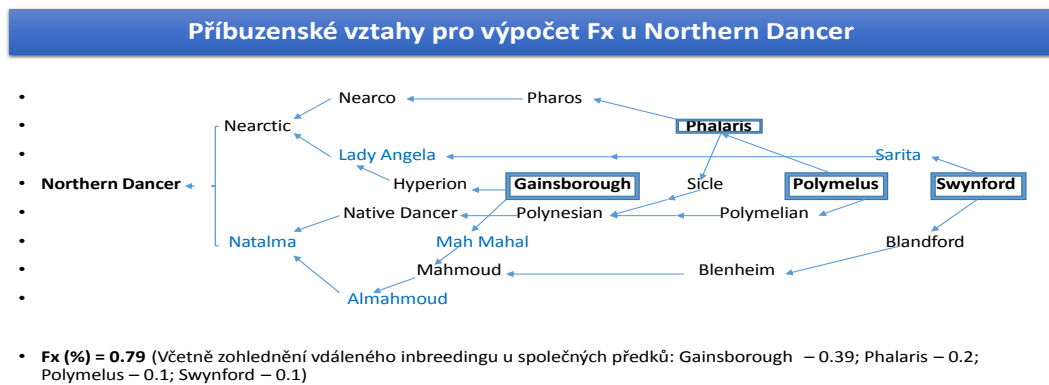
Obr. 16 –Northern Dancer <https://www.pedigreequery.com/northern+dancer> Obr. 17 –Mr. Prospector <https://www.pedigreequery.com/mr+prospector>



Obr. 18 – Schéma významných příbuzenských vztahů *Northern Dancer* a *Mr. Prospector*

Výše uvedený diagram ukazuje významné příbuzenské vztahy obou prominentních plemeníků–koeficient $r = 10.74$ %, se blíží hodnotě pro bratrance. Zejména je zde blízký vztah přes polosourozence *Natalmu* (matka *Northern Dancer*) a *Raise A Native* (otec *Mr. Prospector*) po *Native Dancer* (viz obr. 18). Z tabulky je také patrný vliv *Nearco* a také

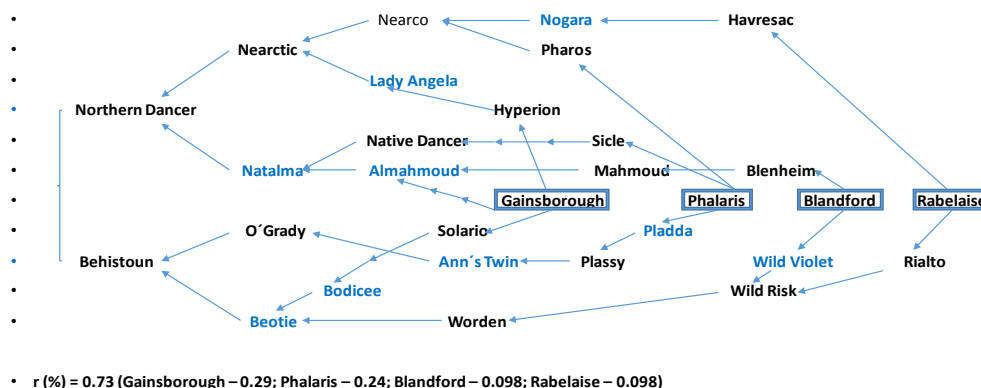
Mumtaz Mahal, který byl pravděpodobně rozhodující pro přenos rychlostního potenciálu (Bower et al., 2012a). Sama *Mumtaz Mahal*, přezdívaná „Flying Filly“, proslula výjimečnou rychlostí a zároveň raností (vrcholných výsledků dosáhla na sprinterských tratích již jako dvouletá). Je pravděpodobné, že právě díky vlivu této klisny, prostřednictvím jejích pokračovatelů, zejména *Nasrullah* (rovněž obecně považovaný za zásadní zdroj rychlosti) a následně obou výše zmíněných prominentů, došlo k výraznému posunu atletických vlastností anglického plnokrevníka do podoby, jak je známe dnes (Bower et al., 2012a). V této souvislosti je také třeba připomenout, že jeden z nejvýznamnějších pokračovatelů dynastie *Northern Dancera*, vnuk *Danehill* (*Danzig x Razyana*) pochází z inbreedingu 3 x 3 na *Natalmu*. *Northern Dancer* i *Mr. Prospector* pochází ze vzdálené příbuzenské plemenitby zejména na „klasické“ plemeníky s předpokládaným vytrvalostním potenciálem – *Gainsborough*, *Teddy* (viz obr. 19).



Obr. 19 – Schéma příbuzenských vztahů pro výpočet Fx u *Northern Dancer*
Obr. 20 - Schéma příbuzenských vztahů pro výpočet Fx u *Mr. Prospector*

Je třeba zmínit, že všechny linie rozebírané v rámci jednotlivých distančních kohort bez výjimky směřují právě k této základně, nejvýrazněji se napříč celou elitní populací prosazuje sprinterská linie *Danzig – Danehill*. Je tedy zřejmé, že utužování vytrvalostních schopností jednostrannou selekcí na tuto vlastnost již delší dobu v celosvětové konkurenci nemůže obstát a je třeba tyto vlastnosti kombinovat k získání rychlosti ve vytrvalosti. Tento fakt je patrný i z analýzy distančních optim potomků zástupců vybraných linií v rámci jednotlivých kohort, kdy ne každá linie, která se výrazně prosazuje v bližších generacích rodokmenové skladby zástupců jednotlivých kategorií, je zcela pro tento distanční rozsah specializována. Z výsledků je vidět, že středotrat'ařské a vytrvalecké „populace“ nejsou

Významné příbuzenské vztahy: Northern Dancer - Behistoun



Obr. 22 -Schéma příbuzenských vztahů *Northern Dancer - Behistoun*

V současnosti je sice rodokmenová skladba domácího chovného materiálu (především zásluhou importu) již podobná světu, nicméně, problémy s adekvátním ozkoušením, kvalitou klisen a jejich nízkou kvantitou v našem chovu jsou pravděpodobně příčinou, proč se nedaří v dosažitelném horizontu navázat na úspěšné linie v celosvětovém (či alespoň evropském) měřítku. Systém chovatelského hodnocení a s ním i související selekční tlak na chovatele ze strany institucí, pověřených dohledem nad šlechtitelským programem, je opřen o výsledkovou klasifikaci, tj. verzi ratingu. Dědivost těchto hodnocení, ratingu či generálního handicapu je poměrně nízká, například Thiruvankadan et.al, 2008 uvádějí hodnoty koeficientu iritability v rozmezí 0,3 – 0,4. Naproti tomu dědivost distančního optima je poměrně vyšší (Williamson a Beilharz, 1998), neboť se na projevu těchto vlastností podílí úzký počet genů, které se navíc jeví jako zásadní pro výslednou atletickou výkonnost plnokrevníka. V rámci zvyšování kvality a konkurenceschopnosti odchovanců se tedy chovatelům nabízí užitečný nástroj v podobě testace na sestavu alel genu MSTN u chovných párů a následná produkce koní se specializací na určitou distanci.

7 Závěr

V rámci výsledků a diskuze byly zhodnoceny rozdíly v liniové skladbě kohort elitních anglických plnokrevníků, vytvořených na základě jejich distančního optima v dostizích. Bylo prokázáno univerzální zastoupení dvou prominentních plemenů druhé poloviny dvacátého století v rodokmenech, *Mr. Prospector* a především *Northern Dancer*, vzhledem k rozsahu jejich vlivu se dá hovořit o zakladatelích populace moderního anglického plnokrevníka.

Byl diskutován pravděpodobně maternální přenos podstatných předpokladů pro rozvoj rychlosti u tohoto plemene, které se právě díky těmto dvěma plemenům rozšířily celosvětově.

Dále bylo ukázáno, že rodokmenová skladba jednotlivých kohort se liší, na středních a mílařských tratích se však společní předkové prolínají, naopak v extrémních, tj. na sprinterských a vytrvaleckých tratích se uvedené linie vzájemně nevyskytují. Totéž bylo ukázáno i v případě příbuzenského propojení koní úspěšně absolvující vybrané klasické a další významné dostihy v roce 2018.

Na diagramech příbuzenských vztahů bylo poukázáno na fakt, že československý poválečný chov byl stavěn na jiné základně, než která dala vznik výše zmíněné úspěšné dynastii.

Z řady výsledků vyplývá, že úspěšnou strategií chovatelů je šlechtění na kombinační návaznost vlastností. Užitečným nástrojem by proto mohlo být využití laboratoří k typizaci chovných koní na variantu MSTN genu. Jakým způsobem a zda vůbec tyto možnosti uchopí český chov anglického plnokrevníka, nám ukáže až čas.

8 Literatura

- Barron, J. K. (1995). The effect of maternal age and parity on the racing performance of Thoroughbred horses. *Equine veterinary journal*, 27(1), 73-75.
- Baumung, R., Farkas, J., Boichard, D., Mészáros, G., Sölkner, J., & Curik, I. (2015). GRAIN: a computer program to calculate ancestral and partial inbreeding coefficients using a gene dropping approach. *Journal of animal breeding and genetics*, 132(2), 100-108.
- Bower, M. A., Campana, M. G., Whitten, M., Edwards, C. J., Jones, H., Barrett, E., Cassidy, R., Nisbet, R.E.R., Hill, E.W., Howe, C.J., Binns, M. (2011). The cosmopolitan maternal heritage of the Thoroughbred racehorse breed shows a significant contribution from British and Irish native mares. *Biology letters*, 7(2), 316-320.
- Bower, M. A., McGivney, B. A., Campana, M. G., Gu, J., Andersson, L. S., Barrett, E., Davis, C.R., Mikko, S., Stock, F., Voronkova, V., Bradley, D. G., Fahey, A.G., Lindgren, G., MacHugh, D.E., Sulimova, G., Hill, E.W. (2012a). The genetic origin and history of speed in the Thoroughbred racehorse. *Nature communications*, 3, 643.
- Bower, M. A., Campana, M. G., Nisbet, R. E. R., Weller, R., Whitten, M., Edwards, C. J., Stock, F., O'Connell, T.C., Hill, E.W., Wilson, A. M., Howe, C.J., Barker, G., Binns, M. (2012b). Truth in the bones: resolving the identity of the founding elite thoroughbred racehorses. *Archaeometry*, 54(5), 916-925.
- Charlesworth, D., & Willis, J. H. (2009). The genetics of inbreeding depression. *Nature reviews genetics*, 10(11), 783.
- Cunningham, P. (1991). The genetics of Thoroughbred horses. *Scientific American*, 264(5), 92-99.

- Cunningham, E. P., Dooley, J. J., Splan, R. K., & Bradley, D. G. (2001). Microsatellite diversity, pedigree relatedness and the contributions of founder lineages to thoroughbred horses. *Animal genetics*, 32(6), 360-364.
- Gibbons, A. (2014). Racing for disaster?. *Science*, 344(6189), 1213-1214.
- Gu, J., Orr, N., Park, S. D., Katz, L. M., Sulimova, G., MacHugh, D. E., & Hill, E. W. (2009). A genome scan for positive selection in thoroughbred horses. *PloS one*, 4(6), e5767.
- Gu, J., MacHugh, D. E., McGivney, B. A., Park, S. D. E., Katz, L. M., & Hill, E. W. (2010). Association of sequence variants in CKM (creatine kinase, muscle) and COX4I2 (cytochrome c oxidase, subunit 4, isoform 2) genes with racing performance in Thoroughbred horses. *Equine Veterinary Journal*, 42(s38), 569-575.
- Harrison, S. P., & Turrion-Gomez, J. L. (2006). Mitochondrial DNA: an important female contribution to thoroughbred racehorse performance. *Mitochondrion*, 6(2), 53-66.
- Haun, M. (1997). The X factor. *What It Is and How To Find It*. Neenah, WI: Russell Meerdink Co.
- Hill, E. W., Gu, J., Eivers, S. S., Fonseca, R. G., McGivney, B. A., Govindarajan, P., Orr, N., Katz, L. M., & MacHugh, D. (2010a). A sequence polymorphism in MSTN predicts sprinting ability and racing stamina in thoroughbred horses. *PloS one*, 5(1), e8645.
- Hill, E. W., McGivney, B. A., Gu, J., Whiston, R., & MacHugh, D. E. (2010b). A genome-wide SNP-association study confirms a sequence variant (g. 66493737C> T) in the equine myostatin (MSTN) gene as the most powerful predictor of optimum racing distance for Thoroughbred racehorses. *BMC genomics*, 11(1), 552.
- Hill, E.W., Ryan, P.D., MacHugh, D.E., (2012). Horses for courses: a DNA-based test for race distance aptitude in thoroughbred racehorses. *Recent patents on DNA & gene sequences*, 6(3), 203-208.

- Hintz, H. F., Hintz, R. L., & Van Vleck, L. D. (1979). Growth rate of thoroughbreds. Effects of age of dam, year and month of birth, and sex of foal. *Journal of Animal Science*, 48(3), 480-487.
- Keller, M. C., Visscher, P. M., & Goddard, M. E. (2011). Quantification of inbreeding due to distant ancestors and its detection using dense SNP data. *Genetics*, genetics-111.
- Lin, X., Zhou, S., Wen, L., Davie, A., Yao, X., Liu, W., & Zhang, Y. (2016). Potential role of maternal lineage in the thoroughbred breeding strategy. *Reproduction, Fertility and Development*, 28(11), 1704-1711.
- McGivney, B. A., McGettigan, P. A., Browne, J. A., Evans, A. C., Fonseca, R. G., Loftus, B. J., Lohan, A., MacHugh, D.E., Murphy, B.A., Katz, L.M., Hill, E. W. (2010). Characterization of the equine skeletal muscle transcriptome identifies novel functional responses to exercise training. *BMC genomics*, 11(1), 1.
- Mitchell, F. J. (2004). *Racehorse breeding theories*. The Russell Meerdink Company Ltd.
- Powell, J. E., Visscher, P. M., & Goddard, M. E. (2010). Reconciling the analysis of IBD and IBS in complex trait studies. *Nature Reviews Genetics*, 11(11), 800.
- Rivero, J. L. L., & Barrey, E. (2001). Heritabilities and genetic and phenotypic parameters for gluteus medius muscle fibre type composition, fibre size and capillaries in purebred Spanish horses. *Livestock Production Science*, 72(3), 233-241.
- Rivero, J. L. L., & Hill, E. W. (2016). Skeletal muscle adaptations and muscle genomics of performance horses. *The Veterinary Journal*, 209, 5-13.
- Rooney, M. F., Hill, E. W., Kelly, V. P., & Porter, R. K. (2018). The “speed gene” effect of myostatin arises in Thoroughbred horses due to a promoter proximal SINE insertion. *PloS one*, 13(10), e0205664.

- Serteyn, D., Ceusters, J., Nonnenmacher, S., Kirsch, K., Mouithys-Mickalad, A., Franck, T., Lejeune, J. P., Sandersen, C. (2016). Mitochondrial function and aerobic capacity assessed by high resolution respirometry in Thoroughbred horses. *Comparative Exercise Physiology*, 12(2), 67-73.
- Stefaniuk, M., Ropka-Molik, K., Piórkowska, K., Kulisa, M., & Podstawski, Z. (2016). Analysis of polymorphisms in the equine MSTN gene in Polish populations of horse-234. breeds. *Livestock Science*, 187, 151-157.
- Stinckens, A., Georges, M., & Buys, N. (2011). Mutations in the myostatin gene leading to hypermuscularity in mammals: indications for a similar mechanism in fish?. *Animal genetics*, 42(3), 229
- Thiruvankadan, A. K., Kandasamy, N., & Panneerselvam, S. (2009). Inheritance of racing performance of Thoroughbred horses. *Livestock Science*, 121(2-3), 308-326.
- Todd, E. T., Ho, S. Y., Thomson, P. C., Ang, R. A., Velie, B. D., & Hamilton, N. A. (2018). Founder-specific inbreeding depression affects racing performance in Thoroughbred horses. *Scientific reports*, 8(1), 6167.
- Tozaki, T., Hill, E. W., Hirota, K., Kakoi, H., Gawahara, H., Miyake, T., Sugita, S., Hasegawa, T., Ishida, N., Nakano, Y., & Kurosawa, M. (2012). A cohort study of racing performance in Japanese Thoroughbred racehorses using genome information on ECA18. *Animal genetics*, 43(1), 42-52.
- Wallner, B., Vogl, C., Shukla, P., Burgstaller, J. P., Druml, T., & Brem, G. (2013). Identification of genetic variation on the horse y chromosome and the tracing of male founder lineages in modern breeds. *PLoS One*, 8(4), e60015.
- Williamson, S. A., & Beilharz, R. G. (1998). The inheritance of speed, stamina and other racing performance characters in the Australian Thoroughbred. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 115(1- 6), 1-16.
- Wright, S. (1922). Coefficients of inbreeding and relationship. *The American Naturalist*, 56(645), 330-338.

Zdroje:

- IFHA (2017) Annual report 2017[cit. 2019, 03-03] Dostupné z <https://www.ifhaonline.com/resources/Annual_Report_2017.pdf>
- IFHA (2019a). The Longines World's Best Racehorse Rankings for 3yos and upwards which raced between 1st January 2017 - 5th November 2017[cit. 2019, 03-03] Dostupné z <<http://www.vetgen.com/equine-scid-service.html>>
- IFHA (2019b).International Cataloguing Standart[cit. 2019, 03-03] Dostupné z <<https://www.ifhaonline.com/Default.asp?section=Resources&area=8>>
- IFHA (2019c).International Agreement on Breeding, Racing and Wagering[cit. 2019, 03-03] Dostupné z <<https://www.ifhaonline.com/Default.asp?section=IABRW&area=0>>
- Pedigreequery (2019).Pedigree Online Thoroughbred Database[cit. 2019, 03-03] Dostupné z <<https://www.pedigreequery.com/>>
- Racing Post (2019).[cit. 2019, 03-03]Dostupné z <<https://www.racingpost.com/>>
- ŘPK ČR(2019).Řád plemenné knia anglického plnokrevníka[cit. 2019, 03-03] Dostupné z <http://www.dostihyjc.cz/download/chov/RPK_2017.pdf>
- Thoroughbred Internet (2019).Flat Stakes Result[cit. 2019, 03-03] Dostupné z <<http://www.thoroughbredinternet.com/>>