

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra genetiky a šlechtění**



**Genetický rozbor plodnosti skotu**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Tomáš Krutina**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Luboš Vostrý, Ph.D.**

© 2015 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Genetický rozbor plodnosti skotu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské 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 bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne: \_\_\_\_\_

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval své rodině, přátelům a přítelkyni za psychickou podporu při psaní této práce. Obzvláště pak mému vedoucímu doc. Ing. Luboši Vostrému Ph.D. za poskytnuté konzultace a vstřícnou pohotovou pomoc při psaní této bakalářské práce.

## Souhrn

Plodnost je v chovech skotu, který se vyznačuje uniparitou a mezi hospodářskými zvířaty i dlouhým generačním intervalem, ekonomicky nejdůležitější soubor znaků. Mezi odborníky je obecně známo, že znaky plodnosti nehledě na plemeno zvířete vykazují nízkou dědivost.

V chovech masného skotu se prakticky celosvětově hodnotí plodnost celkem v 5 dílčích znacích, přičemž je kladen důraz na jejich snadný způsob zaznamenávání, který může být bez problému použitelný i v extenzivních chovech. Mezi tyto znaky se řadí mezidobí, věk při prvním otelení, délka březosti, den otelení a průběh porodů. Vhodné je uvést i dlouhověkost, kterou lze považovat za doplňkovou vlastnost vycházející ze vzájemně propojeného komplexu plodnosti, zdraví a věku zvířat.

Co se týče analýz genetického založení jednotlivých znaků, je v dnešní době v drtivé většině případů používán lineární animal model. Tento model je nadále pomocí efektů upravován s ohledem na prostředí, ve kterém analyzované populace žijí. Mezi hlavní fixní efekty používané celosvětově při genetických analýzách plodnosti se řadí: období otelení, počet otelení, pohlaví narozeného telete, rok otelení a skupina. Tyto efekty mohou být doplněny o specifické efekty, neaplikovatelné na analýzu každé populace (například procentuální zastoupení plemene v krvi u analýzy kříženců). Vedle fixních efektů jsou v analýzách zohledněny i náhodné (neurčitelné) efekty. Předimenzovanosti modelu lze zabránit sloučením několika efektů do jednoho.

V jednotlivých analýzách byly u znaků plodnosti zjištěny následující hodnoty dědivosti: pro mezidobí  $h^2 = 0,12$ , pro věk při prvním otelení  $h^2 = 0,27$  a  $h^2 = 0,28$ , pro délku březosti  $h^2 = 0,38$  a  $h^2 = 0,15$ , pro den otelení  $h^2 = 0,21$  a  $h^2 = 0,07$  a pro průběh porodů  $h^2 = 0,42$ ,  $h^2 = 0,15$ ,  $h^2 = 0,28$ .

**Klíčová slova:** skot, samičí plodnost, dědivost, genetické korelace.

## Summary

Fertility in cattle breeding, which is typical for its uniparity and long generation interval, is economically most important complex of traits. Among specialists in cattle breeding it is generally known, that fertility traits have in most cases low heritability.

In beef cattle breeding fertility is evaluated by 5 individual traits with emphasis on their easy way of recording, which could be used in extensive production systems. Those traits are: calving interval, age at first calving, gestation length, calving day and calving ease. There is also longevity trait, which could be used as an additional trait based on connected complex of fertility, health and age of animals.

For the purposes of genetic analysis of individual fertility traits in most cases linear animal model is used. This model is modified by usage of different effects with respect to conditions of environment where the analyzed populations are bred. Most important fixed effects in genetic analysis of fertility are: calving season, calving number, calf sex, calving year and contemporary group. There is also possibility of usage of specific effects, that could be applied only in analysis of specific populations – for example percentage of breed in crossbred populations. Next to fixed effects there are also random (unpredictable) effects taken into account. In order to prevent over-specification of the model, few of those effects could be fused together

By individual genetic analysis of fertility traits the following heritability values were estimated: for calving interval  $h^2 = 0,12$ , for age at first calving  $h^2 = 0,27$  and  $h^2 = 0,28$ , for gestation length  $h^2 = 0,38$  and  $h^2 = 0,15$ , for calving day  $h^2 = 0,21$ ,  $h^2 = 0,07$  and for calving ease  $h^2 = 0,42$ ,  $h^2 = 0,15$  and  $h^2 = 0,28$ .

**Key words:** cattle, female fertility, heritability, genetic correlations.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerže</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>Plodnost</b> .....	<b>3</b>
3.1.1	Fyziologicko-anatomické podmínění plodnosti.....	3
3.2.1.1	Reprodukční endokrinologie .....	4
3.2.1.2	Říjový (estrální) cyklus .....	4
3.2.1.3	Oplození, prenatalní vývoj a porod .....	5
<b>3.2</b>	<b>Genetické hodnocení plodnosti</b> .....	<b>6</b>
3.2.2	Základní statistické charakteristiky .....	7
3.2.3	Efekty v modelech .....	9
3.2.3.1	Nesystematické efekty.....	9
3.2.3.2	Systematické prostřed'ové efekty .....	9
3.2.3.3	Genetické efekty .....	10
3.2.3.4	Negenetické efekty spojené s jedincem.....	11
3.2.4	Komponenty plodnosti.....	12
3.2.4.1	Mezidobí.....	12
3.2.4.2	Věk při prvním otelení.....	13
3.2.4.3	Dlouhověkost.....	13
3.2.4.4	Průběh porodů .....	15
3.2.4.5	Délka březosti .....	16
<b>3.3</b>	<b>Genetické analýzy znaků plodnosti</b> .....	<b>17</b>
3.3.1	Analýza mezidobí .....	17
3.3.2	Analýza věku při prvním otelení .....	18
3.3.3	Analýza průběhu porodů.....	20
3.3.4	Analýza délky březosti.....	22
3.3.5	Analýza dne otelení .....	24
3.3.6	Analýza dlouhověkosti .....	26
<b>3.4</b>	<b>Korelace mezi znaky plodnosti</b> .....	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>29</b>
<b>5</b>	<b>Seznam literatury</b> .....	<b>31</b>
<b>6</b>	<b>Seznam zkratk</b> .....	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>Přílohy</b> .....	<b>35</b>

# 1 Úvod

Pokud se zaměříme na moderní pojetí živočišné produkce, tak nehledě na druh či plemeno chovaného zvířete, je jedním z nejdůležitějších, ne-li nejdůležitějším předpokladem úspěchu, důkladná a zodpovědná evidence reprodukce. Například v moderních chovech masného skotu se hodnotí a zaznamenává hned několik dílčích znaků plodnosti: mezidobí, věk při prvním otelení, průběh telení, délka březosti a den otelení. Jako doplňkovou vlastnost lze uvést i dlouhověkost, jejíž hodnocení z drtivé části vychází z výsledků reprodukce.

Databáze těchto záznamů spravované například svazy chovatelů, šlechtitelskými ústavami národními a nadnárodními organizacemi a jinými institucemi slouží nejen jako evidenční přehledy, ale i jako odrazový můstek pro biostatistické metody odhadů genetických parametrů. K těmto odhadům se v drtivé většině používají animal modely, sire modely, sire maternal-grandsire modely a prahové modely s rozdílnými efekty. Vznik těchto sofistikovaných metod umožnil až rozvoj výpočetní techniky v 80. letech minulého století. Lze říci, že do této doby se dalo o vyhodnocování obrovského množství individuálních rovnic najednou (1 zvíře = 1 rovnice) hovořit pouze na teoretické úrovni.

## **2 Cíl práce**

Plodnost je komplexní vlastnost rozdělitelná na dílčí komponenty. Způsob zaznamenávání těchto komponent, úprava záznamů a následné analýzy genetického založení těchto vlastností se v rámci jednotlivých států a jejich metodik liší.

Cílem této práce je utvořit souhrn ucelující různé metody odhadu heritability, popřípadě určení korelací mezi těmito znaky.



## **3 Literární rešerže**

### **3.1 Plodnost**

Plodnost lze charakterizovat jako schopnost organismu produkovat potomstvo, které přejímá rodičovské dědičné vlastnosti. Tímto způsobem je zajištěno zachování živočišných i rostlinných druhů a zároveň dochází k jejich evoluci (Kliment et al., 1985).

Co se týče ekonomických hodnot, jsou znaky plodnosti nezávisle na typu chovaného plemene (Åby et al., 2010) a zvoleném produkčním systému důležitější než znaky produkce (Goyache et Gutierrez, 2001).

#### **3.1.1 Fyziologicko-anatomické podmínění plodnosti**

Plodnost samic je ze základu určena správným průběhem fyziologických procesů a bezchybně vyvinutou anatomickou stavbou pohlavních orgánů plemenic (Pryce et al., 2003). Samičí pohlavní soustava je složena z vnitřních orgánů (vaječníky, vejcovody, děloha, pochva) a vulvy. Co se týče základních funkcí, pochva a vulva umožňují coitus, děloha utváří vhodné prostředí pro vývoj plodu a zároveň umožňuje pomocí placenty prenatální fyziologicko-anatomické spojení mezi matkou a potomkem a ve vejcovodech dochází k oplození z vaječníku uvolněného vajíčka (Marvan et al., 1992).

Z fyziologického hlediska je nutné, aby došlo ke správnému dozrání a prasknutí folikulů s následovným uvolněním ovaria, které je možné oplodnit. Celý estrální cyklus je řízen Gonadotropiny uvolňujícím hormonem (GnRH), Folikulo-stimulačním hormonem (FSH), Luteinizačním hormonem (LH), estrogeny, androgeny (steroidní prekursory estrogenů) a progesteronem (Pryce et al., 2003).

Období, ve kterém dochází vlivem sekrece reprodukčních hormonů k dokončování vývinu pohlavního ústrojí a produkci gamet se nazývá puberta. V tomto období hovoříme o takzvané pohlavní dospělosti skotu. Skot pohlavně dospívá mezi 7 a 12 měsíci věku a u samice začíná prvním říjovým cyklem. Přestože jsou již samice v tomto věku potenciálně schopné reprodukce, nemají ještě ukončený růst a zúžené porodní cesty mohou způsobovat potíže při telení. Z tohoto důvodu se nedoporučuje jejich zabřezávání. Po překročení věkové hranice 18 měsíců se jedinec dostává do tzv. chovatelské dospělosti. Jedná se o období, kdy je již možné plemenici zapouštět bez zdravotních rizik a bez narušení dokončení jejího růstu. Obecně platí, že doba dospívání je závislá na plemeni, výživě a chovatelské strategii (Louda, 2008).

### 3.2.1.1 Reprodukční endokrinologie

Mimo produkci gamet má pohlavní soustava savců v návaznosti na sekreci řídicích hormonů z CNS navíc endokrinologickou funkci. V této části budou nastíněny pouze základní endokrinologické procesy spojené s reprodukčním cyklem plemenic.

Uvedení celého gonádního endokrinologického systému do chodu a následovné řízení reprodukčních procesů probíhá na základě příjmu vzruchů z prostředí do CNS, kde dojde k sekreci GnRH - Gonadotropin releasing hormonu (Kudláč et Holý, 1984). GnRH řídí sekreci předního laloku hypofýzy – konkrétně hormonů FSH (folitropinu) a LH (lutropinu), označované souhrně jako gonadotropiny. Oba hormony se do organismu uvolňují ve „vlnách“ a splňují důležitou úlohu v reprodukčních cyklech plemenic (Reece, 2011).

Počátkem nového ovariálního cyklu z endokrinologického pohledu lze brát regresi žlutého tělíska produkující progesteron, který je mimo přípravy dělohy k zahnízdění oplodněného vajíčka, blokování produkce děložního PGF2 $\alpha$  zodpovědný i za regulaci (negativní zpětnou vazbou) sekrece gonadotropinů. Z důvodu snížení hladiny progesteronu dojde k navýšení sekrece FSH a LH. Produkovaný LH hormon stimuluje sekreci androgenů v buňkách obalu (*theca interna*) nového folikulu. Androgeny pronikají do vnitřních granulózních buněk, kde pod vlivem FSH konvertují na estrogeny, jejichž koncentrace se v organismu začíná zvyšovat. Během tohoto procesu začínají granulózní buňky utvářet folikulární dutinu. Vysoká koncentrace estrogenů, které ovlivňují produkci gonadotropinů pozitivní zpětnou vazbou na GnRH, zapříčiní uvolnění preovulační LH vlny. Ta stimuluje dozrávání oocyty, produkci hormonů zodpovědných za prasknutí folikulu při ovulaci (prostaglandin A a E), tvorbu žlutého tělíska po ovulaci a blokuje konverzi androgenů na estrogeny. Po ovulaci žluté tělísko secernuje progesteron, který tlumí produkci LH i FSH. V tuto chvíli mohou nastat dvě možnosti. Pokud nedojde k oplození vajíčka, začne děloha produkovat luteolytický PGF2 $\alpha$  a žluté tělísko zanikne. Hladina progesteronu se sníží, produkce GnRH není nadále blokována a může nastoupit nový cyklus. Pokud dojde k oplození vajíčka, nedojde k sekreci PGF2 $\alpha$  a žluté tělísko společně s placentou plodu produkuje progesteron po celou dobu gravidity (Reece, 2011).

### 3.2.1.2 Říjový (estrální) cyklus

Whittier (1993) definuje oogenezi neboli proces produkce vajíček, jako cyklický děj trvající v průměru 21 dní (mohou se vyskytnout i případy s kratším jen 17 denním cyklem,

či s delším až 24 denním cyklem). Vnějšími projevy ovulačního cyklu (končícího uvolněním zralého vajíčka) je říje.

Estrální cyklus lze podle Loudy (2008) u skotu rozdělit dle pozorovatelných změn na pohlavních orgánech a v chování plemenic do 4 období. Některé druhy zvířat prodělávají i páté klidové období (anestrus).

Proestrus je „předříjová“ fáze projevující se lehkým otokem a zduřením vulvy společně se zarudnutím a zvlhnutím pochvy. Před říjí prochází změnou i chování plemenic. Jsou neklidné, skákají na sebe, ale stále nemají ochotu k páření. Tato část říjového cyklu trvá obvykle 3 dny a to 18. – 20. den cyklu (Louda, 2008). Chovatel by měl zvířata v tomto období nahlašovat k inseminaci (Burdych et al., 2004).

Estrus (říje) je krátké období projevující se svolností plemenic k páření. Jedná se o nultý den cyklu trvající v průměru 18 hodin. V tomto období na sebe plemence nechávají skákat („standing heat“ stádium). Co se týče pozorovatelných změn, je patrný čiře sklovitý hlenovitý výtok z vulvy. Nejideálnější časové období pro inseminaci je přibližně v polovině říje, kdy se otevírá děložní krček. Fyziologicky je začátek ochoty k páření u všech savců nastaven tak, aby mohlo co největší procento spermií uvnitř reprodukčního traktu samic stihnout dokončit kapacitanci v době ovulace (Bedford, 1982), která přichází na konci estrálního cyklu (Burdych et al., 2004).

Metestrus je „poříjová“ fáze. Chování plemenic se v této době opět vrací do normálu. Vytékající hlen je lepkavý a kouřově se zakaluje. 2 až 3 dny po skončení říje se objevuje krvavý poovulační poševní výtok (Burdych et al., 2004).

Diestrus, neboli období pohlavního klidu, začíná přibližně 4. den estrálního cyklu (po ovulaci) a přetrvává až do dalšího proestru. Během tohoto období žluté tělísko produkuje progesteron blokující nástup nové říje.

Celý říjový cyklus je shrnut ve schématu v Příloze č. 1.

### 3.2.1.3 Oplození, prenatální vývoj a porod

Za předpokladu fyziologického chodu estrálního cyklu a správného vyvinutí pohlavní soustavy je možné oplození vajíčka. Fertilizace probíhá v horní části vejcovodu a začíná penetrací spermií zónou pellucidou pomocí akrozomálních enzymů a aktivního pohybu. Po penetraci dojde k tzv. reakci zóny, která chrání vajíčko před další penetrací spermiemi. Po oplození vajíčko prodělá druhou meiozu (první proběhla před ovulací) a dojde k utvoření zygoty. Ta u skotu po 3-4 dnech sestupuje do dělohy. V této fázi je důležitý vliv progesteronu, který tlumí pohyby dělohy a umožňuje zahnízdění (implantaci) vajíčka. Díky dělení buněk

vzniká ze zygoty až 32 buněčná morula, ve které se po 6-8 týdnech od oplození tvoří dutina za vzniku blastocysty. Po implantaci blastocysty do endometria dělohy dojde k rychlému vývoji a růstu tkání a orgánových systémů potomka (Reece, 2011).

Od 45. dne po oplození mluvíme o takzvaném fetálním vývoji (vývoj plodu). Vlivem růstu plodu se buňky nitra vzdalují od jeho povrchu a pouhá difuze živin již není schopná embryo živit. Z tohoto důvodu dochází k placentaci – vývoji plodových obalů s cirkulačním systémem. Mezi tyto obaly se řadí chorion (vnější obal), allantois a amnion (přímý obal plodu s amniovou tekutinou). Tyto plodové obaly mají vedle výživy zaopatřit i mechanickou ochranu plodu (Reece, 2011).

Prenatální vývoj je u skotu v průměru přibližně po 285 dnech zakončen porodem. Vlastní porod sestává z celkem tří částí: 1. Fáze otevírací (kontrakce dělohy, roztažení krčku a vtlačení plodu do krčku), 2. Fáze vypuzení plodu (vypuzení plodu pomocí kontrakcí dělohy a břišní svaloviny), 3. Fáze vypuzení placenty. Pro správný průběh porodu je nutné, aby se plod nacházel v určité poloze. Obvyklá poloha telete je předními končetinami směřujícími do krčku, hlava natažená mezi nožičkami a hřbet telete směřuje nahoru k obratlům matky. Jiné polohy mohou způsobovat porodní komplikace. Co se týče hormonálního řízení porodu, podílí se na něm estrogény (stimulace kontraktibilních proteinů a zcitlivění dělohy),  $\text{PGF}_{2\alpha}$  (regrese žlutého tělíska a stimulace kontrakcí) a oxytocin, který je stimulován přítomností plodu v porodních cestách (Reece, 2011).

### **3.2 Genetické hodnocení plodnosti**

Plodnost se řadí mezi kvantitativní znaky určené vysokým počtem minorgenů (genů malého účinku), které vykazují kontinuální proměnlivost. Aby byl jedinec životaschopný, musí být tyto geny vzájemně vyvážené. Jednotlivé minorgeny jsou stejně jako majorgeny (geny velkého účinku) mendelisticky dědičné, nicméně ve fenotypu se projevují pouze v komplexu s ostatními minorgeny a nemají jednoznačný fenotypový projev typický pro majorgeny (Lorenc, 2002). Z tohoto důvodu nelze pro odhad genetických parametrů použít analýzy klasické „mendelistické“ genetiky, které jsou v tomto případě nahrazovány biometrickými metodami, při kterých genotypové hodnoty odhadujeme na základě populačně-specifických parametrů (Jakubec et al., 1999).

### 3.2.2 Základní statistické charakteristiky

Při biometrických analýzách kvantitativních znaků je na prvním místě nezbytné vyjádřit znak v číselné jednotce (fenotypová hodnota znaku). Při porovnání znaku u většího množství jedinců lze pozorovat proměnlivost (variabilitu) znaku, jejíž rozsah charakterizuje parametr rozptyl (variance) (Moore et al., 2013).

Rozptyl neboli variance, je parametr vyjadřující proměnlivost daného znaku a lze ho vypočítat jako součet čtverců odchylek od průměru u jednotlivých naměřených hodnot znaku (Moore et al., 2013). K výpočtu používáme následující vzorec (Moore et al., 2013):

$$S^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n-1},$$

popřípadě jeho zjednodušenou verzi:

$$S^2 = \frac{\sum(x_n - \bar{x})^2}{n-1}$$

kde  $s^2$  – rozptyl

$n$  – počet naměřených hodnot

$\bar{x}$  – průměr naměřených hodnot

$x$  – naměřené hodnoty

Při studiu variance se podle Urbana (2012) vychází z její nejdůležitější vlastnosti – lze jí rozdělit do několika dílčích komponent, které dohromady dávají celkovou fenotypovou varianci. V základě lze podle následujícího vzorce celkovou fenotypovou varianci ( $\sigma_P^2$ ) rozdělit na varianci genotypovou ( $\sigma_G^2$ ) a varianci způsobenou vlivem prostředí ( $\sigma_E^2$ ):

$$\sigma_P^2 = \sigma_G^2 + \sigma_E^2.$$

Podle Jakubce et al. (1998) lze genotypovou varianci ( $\sigma_G^2$ ) dále rozdělit na aditivní složku ( $\sigma_A^2$ ) a neaditivní složky, které se skládají z variance způsobené dominancí ( $\sigma_D^2$ ) a jejich interakcemi ( $\sigma_I^2$ , přičemž  $\sigma_I^2 = \sigma_{AA}^2 + \sigma_{AD}^2 + \sigma_{DD}^2$ ). Aditivní část variance způsobuje podobnost mezi jedinci a tím pádem určuje pozorované genotypové vlastnosti populace (Urban, 2012).

$$\sigma_P^2 = \sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \sigma_I^2 + \sigma_E^2$$

Dominance v tomto případě není vysvětlována klasickým způsobem mendelistické genetiky. Na každý lokus se musí pohlížet jako na celek ve výsledku určující fenotypový

efekt. Mezi těmito lokusy a vlastnostmi jimi určenými mohou být různé stupně dominance (Urban, 2012). Interakce je způsobena epistatickým působením genů.

Výše popsanou rovnici lze rozšířit o interakci a korelaci mezi genotypovými hodnotami a prostředovými efekty. K interakci dochází, pokud nemá specifická změna prostředí stejný efekt na různé genotypy. Jinými slovy pokud bude genotyp A lepší vůči genotypu B v prostředí č. 1 a horší v prostředí 2. Interakce je značena variancí  $\sigma_{GE}^2$  (Urban, 2012). Typickým příkladem je aplikace výsledků testů ze staničních podmínek do praxe horšího prostředí (Jakubec et al., 1998).

Ke korelaci dochází, pokud jsou lepší genotypy podpořeny lepšími podmínkami prostředí – lepší genotypy budou stále lepší než horší genotypy v lepších prostředích. Jinak řečeno při existenci dvou genotypů (A a B) a prostředí (1 a 2) je genotyp A lepší v prostředí 1 a zároveň v prostředí 2. Příkladem je chov dojníc – dojnice s vyšší užitkovostí dostávají více lepšího krmiva (Urban, 2012). Tato korelace je charakterizována kovariancí genotypu a prostředí  $2COV_{GE}$ . Pro lepší přehlednost je uvedeno kompletní schéma (Obrázek č. 1) s výše zmíněnými rovnicemi (Urban, 2012).

**Obrázek č. 1 – Komponenty variance (Urban, 2012).**

$$\begin{aligned}
 P &= G + E \\
 \Downarrow \\
 S_P^2 &= S_G^2 + S_E^2 \\
 \downarrow \\
 S_P^2 &= S_G^2 + S_E^2 + S_{GE}^2 + 2COV_{GE} \\
 \swarrow \quad \rightarrow \\
 S_G^2 &= S_A^2 + S_D^2 + S_I^2 \\
 \downarrow \\
 S_P^2 &= S_A^2 + S_D^2 + S_I^2 + S_E^2 + S_{GE}^2 + 2COV_{GE} \\
 \searrow \quad \rightarrow \\
 S_E^2 &= S_{E_p}^2 + S_{E_t}^2 \\
 \downarrow \\
 S_P^2 &= S_A^2 + S_D^2 + S_I^2 + S_{E_p}^2 + S_{E_t}^2 + S_{GE}^2 + 2COV_{GE}
 \end{aligned}$$

### 3.2.3 Efekty v modelech

#### 3.2.3.1 Nesystematické efekty

Pokud chováme všechna zvířata jedné populace ve stejných podmínkách prostředí, měly by jejich fenotypové hodnoty být stejně ovlivněny efekty prostředí. Nicméně stále je zde vysoký počet neznámých prostředřových efektů vedoucích k nezjistitelné proměnlivosti v užitkovosti – nazýváme je „Náhodné prostředřové efekty“. Jedná se o efekty, které se projevují u každého zvířete v neznámém směru (pozitivní nebo negativní ovlivnění užitkovosti) a velikosti. Tyto efekty působí na jedince krátkodobě a nelze je nijak kvantifikovat – fenotypovou hodnotu od nich nelze „očistit“ (Jakubec et al., 1998). Tyto efekty spadají do takzvané reziduální chyby.

#### 3.2.3.2 Systematické prostředřové efekty

Jedná se o efekty dlouhodobě působící na celou skupinu zvířat ať už příbuzných, či nepříbuzných. Tyto efekty je oproti náhodným možné eliminovat, a to v podstatě dvěma způsoby. První se naskýtá možnost standardizace podmínek prostředí, ve kterém jsou zvířata chována (stejně jako v testačních a pokusných stanicích). Druhou možností je eliminace systematických prostředřových efektů početním způsobem, který se v drtivé většině využívá při analýzách odhadů genetických parametrů (Jakubec et al., 1998; Jakubec et al., 1999).

Velice důležitým efektem je efekt času. Nejedná se o přímý efekt, nýbrž pouze o „prostředníka“ ostatních faktorů, které nejsou v časové řadě konstantní. Jako vhodný příklad lze uvést druh a kvalitu krmiva měnící se v průběhu roku v extensivních chovech masného skotu. Rozdíly způsobené těmito faktory se dají odhadnout grupováním do skupin podle časových období (rok, čtvrtletí, týden atd.) a stád, nebo chovných skupin, ve kterých se jedinci analyzovaného výběrového souboru nachází. Protože tyto faktory působí na organismus společně a navzájem se ovlivňují, je jejich odhad a následná eliminace v modelech velice složitým problémem. V poslední řadě je důležité upozornit na fakt, že i přes standardizaci prostředí chovu, existují ve staničních podmínkách vnější systematické efekty, které ovlivňují užitkové vlastnosti (Jakubec et al., 1998; Jakubec et al., 1999).

Systematické efekty lze nadále podle Jakubce et al. (1998) rozdělit na vnější a vnitřní. V genetických analýzách plodnosti skotu jsou nejčastěji používané následující systematické efekty (Goyache et Gutierrez, 2001; Minick Bormann et Wilson, 2010; Wray et al., 1987; Van der Westhuizen et al., 2001.):

- Období otelení (*Calving season*) – při užití tohoto systematického efektu je vždy nutné bezpodmínečně zohlednit i způsob chovu a analyzované plemeno. Existují například plemena, která mají otelení rozdělena téměř kontinuálně v rámci celého roku, nebo plemena, která mají otelení soustředěna buď v jednom, nebo více specifitějších časových úsecích. Tento faktor může být navíc ovlivněn i managementem daného chovu, kdy chovatel má možnost (například pomocí synchronizace říje, nebo připouštěním býků pouze v určitém období) usměrnit otelení do určité sezóny.
- Počet otelení (*Calving number*) – jedná se o efekt zohledňující celkový počet dosažených otelení u krav zařazených v analýze. Pokud bychom rozřazovali analyzovaná zvířata do skupin podle přesně dosažených otelení, vzniklo by množství nevybalancovaných skupin a výsledek analýzy by byl zkreslen. Proto je velice důležité zohlednit strukturu analyzovaných dat a ve většině případů sloučit některé skupiny, aby byla výsledná struktura dat co možná nejvyváženější.
- Pohlaví telete (*Calf sex*) – v rámci tohoto fixního efektu jsou krávy jednoduše rozděleny podle pohlaví narozených telat do dvou skupin – býčci, a jalovičky.
- Rok otelení x stádo – zvířata jsou rozdělena do několika skupin, přičemž je brán zřetel na skupinu (podle stáda, farmy, chovné skupiny atd.) a rok otelení. Podle Příbyla et al. (2003) je možné tento efekt navíc rozšířit o období otelení a to v případech jsou-li geneticky analyzovány i hmotnostní charakteristiky zvířat, včetně váhy telete při narození, která je významným faktorem ovlivňující průběhy porodů. V těchto případech efekt roku x stádo x období vysvětluje většinou část variance. Jako další důvod pro použití tohoto rozšířeného efektu se naskýtá snížení celkového počtu fixních efektů při zachování vysoké důležitosti těch stávajících.

### 3.2.3.3 Genetické efekty

Vedle systematických a nesystematických efektů jsou v analýzách zohledněny i genetické efekty. Odhad jejich podílu na varianci daného znaku je zájmem populačně genetických analýz. Mezi tyto efekty se řadí:



- Aditivní genetický efekt – tímto efektem rozumíme takzvané genetické založení vlastnosti. Jedná se o výraz aditivního působení genů a je tvořen průměrnými genovými efekty, které přiřazujeme jednotlivým alelám. Přímé zjištění těchto efektů není možné z důvodu působení nejen aditivních efektů, ale i efektů dominance a interakce mezi genotypem a prostředím. (Jakubec et al., 1999).
- Maternální genetický efekt – jedná se o efekt předání genů pro daný znak z matky na potomstvo (Goyache et Gutierrez, 2001; Minick Bormann et Wilson, 2010).
- Sire genetický efekt – jedná se o efekt přenosu genů pro daný znak z otce na potomstvo (Goyache et Gutierrez, 2001; Wray et al., 1987; Van der Westhuizen et al., 2001).

#### 3.2.3.4 Negenetické efekty spojené s jedincem

Tyto efekty lze prakticky zařadit mezi systematické, nicméně oproti systematickým efektům, které působí na celé skupiny zvířat, je jejich grupování složitější záležitostí. Utvořené skupiny tvořené sourozenci jsou v těchto případech menší. Mezi tyto efekty zařazujeme následující:

- Maternální prostředňový efekt – jedná se o velice komplexní efekt kompletně tvořený matkou. V první řadě se jedná o celkovou fyziologii organismu matky s návazností na reprodukční ústrojí. Podle Jakubce et al. (1998) lze hovořit o ovlivnění matkou už ve vaječnicích a vejcovodech, kde se ovulované vajíčko poprvé dostává do vnitřního prostředí matky. Nadále je důležité prenatální vyživa plodu krví matky. Základy fyziologie a anatomie vnitřního prostředí matky jsou nastíněny v kapitole 3.3.1 Fyziologicko-anatomické podmínění plodnosti. Po otelení se nadále matka podílí na tvorbě prostředí potomka mléčnou výživou a to až do věku 210 dní, kdy telata odstavujeme (Stupka et al., 2013). Ta je v prvních několika dnech velice důležitá z důvodu přenosu imunoglobulinů v mlezivu. Zároveň s sebou nese úskalí přenosu patogenů. V poslední řadě lze mluvit o matce, jako vzoru pro osvojování chování.
- Paternální efekt - oproti maternálnímu efektu, je užití paternálního efektu v analýzách genetických parametrů plodnosti poměrně vzácné. Řídké užití paternálního efektu lze opodstatnit volnějším vztahem mezi otcem a potomkem.

Tento vztah je podle Jakubce et al. (1998) zprostředkován v celkem 3 stupních: paternálním genetickém efektu, paternálním heterozním efektu a paternálním genetickém efektu vázaném na pohlaví.

### 3.2.4 Komponenty plodnosti

Plodnost samic je velice komplexní vlastnost, kterou lze rozdělit na několik dílčích, poměrně lehce měřitelných ukazatelů (Gutiérrez et al., 2002). V následující části budou popsány nejběžněji zaznamenávané komponenty plodnosti krav masného skotu.

#### 3.2.4.1 Mezidobí

Mezidobí je počet dní mezi dvěma po sobě jdoucími porody. V praxi se často při hodnocení celoživotní plodnosti krav vypočítává i průměrná hodnota mezidobí jedince (MD) a průměrná hodnota mezidobí stáda (MD stáda). Z ekonomického hlediska je v průměrných chovech masného skotu žádané mezidobí co nejbližší 365 dní, neboli každý rok jedno tele od každé krávy, což je i fyziologicky možné (Kudláč et Holý, 1984).

Přijatelná hodnota mezidobí se podle Burdycha et al. (2004) pohybuje v průměrných chovech masného skotu v rozmezí 365-400 dní (nad 400 dní je nevyhovující).

$$MD = \frac{\text{počet dní mezi prvním a posledním porodem}}{\text{počet porodů}-1} \quad (1)$$

$$MD \text{ stáda} = \frac{\text{počet krav} \times 365}{\text{počet narozených telat od všech krav}} \quad (2)$$

Při genetických analýzách se většinou používá pouze první mezidobí (čas mezi prvním a druhým otelením) plemence (Veselá et al., 2013). Nicméně je pro tyto účely možné použít i následovná mezidobí (Gutiérrez et al., 2002).

Soubor těchto dat je nezbytné očistit o záznamy plemenic s mezidobím nižším než 290 dní (chybně zaznamenané údaje) a s vyšším než 630 dní, představující plemence, které nezabřezly následující rok po prvním otelení, a zapaštění bylo odloženo do další sezóny. Tyto záznamy by mohly zkreslovat výsledky analýz (Veselá et al., 2013; Gutiérrez et al. 2002).

#### 3.2.4.2 Věk při prvním otelení

Jedná se o vlastnost ovlivněnou sezónností a způsobem organizace daného chovu. V chovech masného skotu používajících sezónní telení jsou jalovice s odhadnutým věkem při prvním otelení v nepřijatelném období přepuštěny déle, než je jim fyziologicky umožněno, a tím je u nich tato vlastnost negativně zkreslena. Z tohoto důvodu je možné data pro účely genetických analýz dále upravit. Kravám je přiřazeno bodové hodnocení 0, nebo 1. Jalovicím, které se otelí ve vyšším věku, ale přitom u nich byla možnost v rámci chovu dřívějšího otelení, je přiřazena 1. Zatímco jalovice, které se otelí dříve, ale přitom je jim umožněno, aby se v rámci chovu otelili ve vyšším věku, je přidělena 0. Tyto doplňující hodnoty však nemohou být použity v chovech s jednou věkovou skupinou prvotek (Veselá et al., 2013).

Vzhledem k tomu, že zaznamenáváme pouze věk zvířat při prvním otelení, jsou data pro tuto vlastnost lehce zjištělná i v extenzivních chovech. Mezi věkem při prvním otelení, věkem v následujících oteleních a mezidobím mezi následujícími oteleními je předpokládána vysoká korelace. V praxi to znamená, že jestliže máme zvíře s nežádoucím pozdějším prvním otelením, nelze předpokládat kompenzaci tohoto znaku nižšími mezidobími následujících otelení v průběhu produkčního života (Gutierrez et al., 2002).

#### 3.2.4.3 Dlouhověkost

V první řadě je nutné upozornit na fakt, že dlouhověkost nelze považovat za přímý znak plodnosti, nicméně jedná se o znak, který je s plodností velice úzce spjat. Prakticky je plodnost jedním z několika majoritních faktorů, které dlouhověkost ve velké míře určují.

Definicí dlouhověkosti se zabývá vysoký počet autorů na celém světě. Z chovatelského pohledu se nejedná o potenciální délku života organismu (která se podle Dákay et al. (2006) u skotu pohybuje kolem 30 – 35 let), ale podle Strapáka (2008) o schopnost organismu dožít se ve standardních podmínkách vnějšího prostředí co nejvyššího produkčního věku.

Oproti znakům plodnosti se dlouhověkost neměří ve všech chovech skotu stejně. Například v chovech mléčného skotu je charakterizována počtem laktací, celoživotní užitkovost, užitkovost na den života a jinými parametry (Strapák, 2008). U masného skotu je podle Veselá et al. (2013) dlouhověkost nejčastěji charakterizována skutečnou dlouhověkostí (počet otelení u již vyřazených plemenic) a předpovězenou dlouhověkostí (předpokládaným počtem otelení u plemenic stále působících ve stádě).

Veselá et al. (2013) ve své práci zabývající se genetickým hodnocením mateřské plodnosti vycházely z dat v rámci databáze polního testu poskytnutým Českým svazem

chovatelů masného skotu (přes 330 000 záznamů). Výsledky analýzy zahrnovaly i charakteristiku populace z pohledu dlouhověkosti. Procentuální rozložení dosažených počtů otelení za život plemenic (skutečná dlouhověkost) v rámci populace je znázorněno v tabulce č. 1. Do této analýzy byly zahrnuty i plemenice stále působící ve stádě (očekává se u nich další otelení).

**Tabulka č. 1 – Dosažení počtu otelení v rámci populace.**

Počet otelení za život	% krav
1	27 %
2	19 %
3	14 %
4	12 %
5	8 %
6	6 %
7	5 %
8	4 %
9	3 %
10 a více	2 %

Co se týče předpovězené dlouhověkosti, šance, že se plemenice v následovné sezóně otelí, se vzrůstajícím počtem otelení klesá. Tato vlastnost je navíc ovlivněna i plemennou příslušností. Vysoká pravděpodobnost dosažení dalšího otelení je typická například pro plemena Highland, Salers, nebo Aberdeen Angus. Naopak plemena Blonde d'Aquitaine, Piemontese a Hereford mají šanci dosažení dalšího otelení poměrně nízkou (Veselá et al., 2013).

Další možností jak vyjádřit dlouhověkost jedince je přežitelnost, která podle Strapáka (2008) velice obecně charakterizuje téměř všechny selekční kritéria, jako jsou užitkovost, zdraví, reprodukci, tempemanet a exteriér. Při měření této vlastnosti se plemenice rozřadí do celkem 6 skupin podle dožitých 3 (1 rok po 1. otelení), 4, 5, 6, 7 a 8 let (Martinez et al., 2005). Jednoletý odstup jednotlivých intervalů představuje telení, po kterých se ve většině případů rozhoduje o vyřazení plemenic ze stáda (Strapák, 2008).

#### 3.2.4.4 Průběh porodů

Jedná se o jeden z ekonomicky nejdůležitějších znaků plodnosti v procesu šlechtění masného skotu. Ideální a zároveň v praxi nesplnitelný je stav, kdy se každá kráva ve stádě otelí bez asistence člověka, která je často ekonomicky velice zatěžující. (Gutierrez et al., 2002; Alday et Ugarte, 1998).

Průběh porodů je kategorický znak a nelze ho jako takový žádným způsobem změřit a vyjádřit v konvenčních jednotkách. Podle průběhu telení a nutné asistenci potřebné k otelení krávy jsou jednotlivá otelení zvířat bodována. Kritéria k přiřazení jednotlivých bodů se v různých státech a metodikách liší. Tak například v České republice je přiřazeno k otelením následovné bodové ohodnocení (ČSMCHS, 2006; Wolfová et al., 2004):

1. Otelení bez asistence člověka.
2. Otelení s asistencí ošetřovatele (1-2 lidé).
3. Otelení za pomoci veterináře.
4. Otelení za moci veterináře císařským řezem.

Oproti tomu ve Španělsku se podle Goyache et Gutierrez (2001) obtížnost otelení u masného extensivního plemene Asturiana de los Valles hodnotí podle směrnice BIF („beef improvement federation“). Sami autoři tvrdí, že se jedná o nejednoznačné hodnocení průběhu porodů, ve kterém hraje vysokou roli subjektivita hodnotitele. Zvířata byla hodnocena podle následovné bodové stupnice:

1. Bez asistence.
2. S lehkou asistencí.
3. Se silnou asistencí.
4. Císařský řez.
5. Špatná poloha telete.

Telení s bodovým ohodnocením 1 a 2 jsou považována za snadné. Bodovému hodnocení 3 a 4 připadá obtížné (dystotické) telení, u kterého lze počítat s dalšími ekonomickými výdaji. Například Wolfová et al. (2004) uvádí, že cena veterinárních zákroků spojených se stupněm 3 (otelení za pomoci veterináře) se v průměru pohybuje kolem 800 CZK za zákrok. Tato cena se může u stupně 4 (císařský řez) vyšplhat až na 1 980 CZK. Pokud budeme uvažovat nejhorší variantu při dystotickém telení - ztrátu zvířete, lze počítat s náklady na odpravu a kafilerní zpracování. Ty se v průměru pohybují kolem 1 700 CZK za dospělé zvíře a 1 200 CZK za tele.

Na průběh porodů má značný vliv i pohlaví narozeného telete. Nejčastější dystocie byly zaznamenány u porodů býčků (Příbyl et al., 2003). Narození dvojčat představuje v této problematice u většiny případů asistenci veterináře. Nicméně jedná se u konvenčních plemen masného skotu v Evropě o raritní záležitost, a proto není v této práci nadále rozebírána.

Dalším faktorem významně ovlivňujícím průběhy porodů je věk plemence. Nejobtížnější otelení byla zaznamenána u mladých zvířat, a to převážně u prvotelek. Přestože je porodní váha telat u starších plemenic (5 a více let) vyšší, není většinou příčinou dystotických telení. Vysoký podíl dystotických telení je u mladých zvířat oproti starším logicky způsoben téměř automatickým vyřazováním obtížně se telících jedinců. Z tohoto důvodu se u starších zvířat dystocie vyskytují v menší míře (Příbyl et al., 2003).

Vedle ekonomických problémů spojených s vlastním průběhem otelení, lze počítat i s následným zvýšením mortality, a to jak u matek (celkem 10% ze všech dystotických otelení), tak i u narozených potomků (až 20% z potomků s obtížným porodem) (Ruvuna et al., 1992). Podle Laster et al. (1973) mají navíc zvířata po prodělaném dystotickém otelení sníženo procento zabřezávání a to až o 16% v porovnání se zvířaty s normálními průběhy porodů.

#### 3.2.4.5 Délka březosti

Délku březosti lze definovat, jako období od zabřeznutí do porodu. Podle Burdycha et al. (2004) se nejčastěji pohybuje v průměru od 280 do 285 dní s odchylkou  $\pm 10$  dní a je silně ovlivněna užitkovým typem a plemenem daného zvířete. Například u plemene Holštýnský skot, typického představitele mléčného skotu, je v průměru kolem 280 dní (Burdch et al., 2004), kdežto u masných plemen skotu (Hereford, Shorthorn, Aberdeen Angus) se průměr pohybuje od 284 do 286 dní (Burris et Blunn, 1952).

Délka březosti vykazuje vysoké korelace s porodní váhou telete a obtížností porodů. Z tohoto důvodu je možné zařadit kratší délku březosti mezi šlechtitelské cíle se zameřením na snížení porodní váhy telete, která je často příčina porodních problémů, bez ovlivnění jeho růstových schopností od porodu do odstavu (Goyache a Gutierrez, 2001).

Podle Wray et al. (1984) lze pomocí šlechtění na kratší délku březosti prodloužit poporodní období, což dává zvířatům více času na navrácení do plnohodnotných estrálních cyklů a zvýšení šance na zabřeznutí.

### 3.3 Genetické analýzy znaků plodnosti

V následující kapitole jsou popsány metody genetických analýz znaků plodnosti. Strukturně je tato kapitola rozdělena do částí podle analýz jednotlivých znaků. V rámci jednotlivých postupů je uvedeno analyzované plemeno, použitý model, efekty (v závorkách za systematickými efekty jsou uvedeny počty skupin zvířat) a nastíněna základní struktura dat.

#### 3.3.1 Analýza mezidobí

Goyache et Gutierrez (2001) analyzovali mezidobí u španělského plemene Asturiana de los Valles. K analýze byl použit multivariační animal model a komponenty variance byly vyhodnoceny pomocí DF-REML. V modelu byly zohledněny následující efekty:

- **Fixní efekty**: období otelení (3), počet otelení (4), pohlaví telete (2), rok otelení x stádo (113).
- **Náhodné efekty**: aditivní genetický efekt, maternální efekt, residuální chyba.

Celkem bylo v analýze zahrnuto 2 488 záznamů napříč několika generacemi, v nichž bylo zahrnuto 74 býků s potomkem v databázi a 303 krav s potomkem v databázi. Průměrná hodnota mezidobí byla 389 dní se směrodatnou odchylkou 57,7 dne. Výsledná odhadnutá heritabilita byla  $h^2 = 0,12 \pm 0,03$  (Goyache et Gutierrez, 2001).

Mezidobí u španělského plemene Asturiana de los Valles za pomoci stejného modelu ve své práci analyzovali i Gutierrez et al. (2002). K analýze byl použit multivariační animal model a komponenty variance byly vyhodnoceny pomocí REML. Přestože se jednalo o téměř identický model, byly v této analýze použity odlišné efekty. Autoři, jako jedni z mála, doplnili model o takzvanou „pomocnou proměnnou“, na kterou nebylo nahlíženo jako na prostředový efekt, nýbrž jako na doplňkový měřitelný znak, který měl odhadnuté výsledky analýzy zpřesnit.

- **Fixní efekty**: rok otelení, pohlaví telete, stádo, období otelení.
- **Pomocné proměnné**: věk plemenice.
- **Náhodné efekty**: aditivní genetický efekt, residuální chyba.

Celkem bylo v analýze zahrnuto 2 007 záznamů, z nichž bylo 1 574 matek a 691 prvotetek. Oproti jiným studiím byly navíc jednotlivé záznamy zvířat v základní struktuře dat rozřazeny do skupin, přičemž jednotlivé skupiny tvořila zvířata s 20 a více sourozenci

ze strany otce (celkový počet zvířat ve skupinách = 650). Výsledná odhadnutá heritabilita byla  $h^2 = 0,125 \pm 0,02$  (Gutierrez et al., 2002).

Co se týče výsledků analýz, je důležité podotknout, že přestože byly v jednotlivých pracích (Goyache et Gutierrez, 2001; Gutierrez et al., 2002) použity rozdílné efekty, modifikace modelů a analytické programy, výsledné odhadnuté heritability byly v jednotlivých pracích téměř totožné.

### 3.3.2 Analýza věku při prvním otelení

Společně s analýzou mezidobí byla v práci zabývající se plodností skotu plemene Asturiana de los Valles (Goyache et Gutierrez, 2001) zahrnuta i analýza věku při prvním otelení. K analýze byl použit multivariační animal model a komponenty variance byly vypočteny pomocí DF-REML. V analýze byly použity následující efekty:

- **Fixní efekty:** období otelení (3), rok otelení x stádo (120).
- **Náhodné efekty:** aditivní genetický efekt, residuální chyba.

Celkem bylo v analýze zahrnuto 1 246 záznamů telení, z nichž bylo 20 býků s potomkem v databázi a 25 krav s potomkem v databázi. Průměrná hodnota věku **při prvním** otelení byla 488 dní se směrodatnou odchylkou 177 dní. Výsledná odhadnutá heritabilita byla  $h^2 = 0,27 \pm 0,12$  (Goyache et Gutierrez, 2001).

Stejný model v své práci použili i Gutierrez et al. (2002). Ke stanovení komponent variance byla použita multivariační REML metoda. Ve výpočtech byly zahrnuty následující efekty a pomocné proměnné:

- **Fixní efekty:** rok otelení, pohlaví telete, stádo, období otelení.
- **Pomocné proměnné:** věk plemence.
- **Náhodné efekty:** aditivní genetický efekt, residuální chyba.

Celkem bylo v analýze zahrnuto 2 533 záznamů prvotetek a stejně jako v případě analýzy mezidobí byla zvířata rozdělena do skupin podle příbuznosti (23 skupin obsahujících celkem 963 zvířat). Průměrná hodnota věku při prvním otelení byla 1 063 dní (2,9 let) se směrodatnou odchylkou 223 dní. Výsledná odhadnutá heritabilita byla  $h^2 = 0,235 \pm 0,018$  (Gutierrez et al., 2002).

Minick Bormann et Wilson (2010) se ve své práci zaměřili nejen na odhad heritability jednotlivých znaků plodnosti pomocí animal modelu, ale i na porovnání výsledků mezi animal



modelem bez maternálního efektu s animal modelem, který maternální efekt obsahoval. Analyzované plemeno bylo Aberdeen Angus a k porovnání byly použity dva modely s následujícími efekty:

- **Fixní efekty**: rok otelení x stádo, počet inseminací/připuštění nutných k zabřeznutí jalovice, věk krávy (rozdělení zvířat do skupin podle dosaženého věku krávy. Skupiny byly utvořeny podle dosažených 2, 3, 4, 5 až 10, nebo 11 a více let).
- **Náhodné efekty**: maternální efekt (pouze v druhém modelu), residuální chyba.

Použité efekty lze podle Minick Bormann et Wilson (2010) přesněji zapsat pomocí následovných rovnic:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{e},$$

kde  $\mathbf{Y}$  = vektor fenotypových (naměřených) záznamů,

$\mathbf{X}$  = incidenční matice vztahující fixní efekty k naměřeným fenotypovým záznamům,

$\boldsymbol{\beta}$  = vektor fixních efektů,

$\mathbf{Z}$  = incidenční matice vztahující jednotlivá zvířata k záznamům,

$\mathbf{u}$  = vektor náhodných additivních přímých genetických efektů,

$\mathbf{e}$  = vektor zbytkových efektů.

Pro model s maternálním efektem byla rovnice následovně rozšířena:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{W}\mathbf{m} + \mathbf{S}\mathbf{p}\mathbf{e} + \mathbf{e},$$

$\mathbf{W}$  = incidenční matice vztahující maternální genetický efekt k záznamům,

$\mathbf{m}$  = vektor náhodných maternálních genetických efektů,

$\mathbf{S}$  = incidenční matice vztahující trvalé prostřed'ové efekty k záznamům,

$\mathbf{p}\mathbf{e}$  = vektor trvalých prostřed'ových efektů vztažených k záznamům.

V analýze (Minick Bormann et Wilson, 2010) bylo zahrnuto celkem 2 082 zvířat (z toho 147 býků) z celkem tří rodokmenů. Zvířata byla chována ve dvou různých chovech. Data z prvního chovu byla použita jako kontrolní a byla analyzovaná v první řadě. Podle výsledků byl daný model před zahrnutím všech záznamů upraven. Data z druhého chovu byla navíc rozdělena do dvou setů. V prvním setu byly obsaženy všechny záznamy plemenic, které měly v databázi zahrnuté své matky. Druhý set byl subsetem prvního a obsahoval záznamy pouze těch plemenic, které pocházely z prvních otelení matek v databázi. Pokud se jalovice neotělí v předpokládané sezóně, nepočítá se ve většině studií do záznamů. Tímto nezahrnutím „nejhorších“ jedinců je možné výsledek analýzy zkreslit (nahodnotit). Tomuto jevu se

Minick Bormann et Wilson (2010) pokusili předejít přidělením penalizací neoteleným zvířatům 30 (AFC30), 60 (AFC60), popřípadě 90 (AFC90) dny, které se přičítaly ke dni otelení poslední jalovice v chovné sezóně v jejich skupině.

Se zavedením výše zmíněných penalizačních hodnot se s každým stupněm měnila i struktura dat. Základ tvořily hodnoty AFC30 – průměrný věk při prvním otelení byl 739 dní se směrodatnou odchylkou 43 dní. Po začlenění AFC60 záznamů se průměrný věk zvýšil na 742 dní se směrodatnou odchylkou 51 dní. Výsledný průměrný věk při prvním otelení (včetně AFC90 záznamů) byl 746 dní se směrodatnou odchylkou 59 dní. Výsledná odhadnutá heritabilita v prvním modelu včetně začleněných neotelených jalovic (AFC30, AFC60, AFC90) byla  $h^2 = 0,28$  (Minick Bormann et Wilson, 2010).

Následné změny v odhadnutých heritabilitách po použití maternálního efektu (2. model) jsou znázorněny v tabulce č. 2. Pro každý penalizační stupeň byla přímá heritabilita po použití maternálního efektu v průměru trojnásobná. Podle Minick Bormann et Wilson (2010) je tento rozdíl způsoben zvýšením variance, které může být příčinou nerozlišování ve způsobu přepouštění jednotlivých krav (například nejmladší krávy, většinou prvotelky, jsou ve většině případů přepouštěny přirozenou plemenitbou). K určení příčiny zvýšení variance je nutné analyzovat populaci, ve které bylo použito pouze inseminace, nebo pouze přirozené plemenitby (Minick Bormann et Wilson, 2010).

**Tabulka č. 2 – Odhadnuté heritability (Minick Bormann et Wilson, 2010).**

$h^2$  – odhadnutá heritabilita bez maternálního efektu,  $h^2_d$  – odhadnutá přímá heritabilita po začlenění maternálního efektu,  $h^2_m$  – odhadnutá maternální heritabilita po začlenění maternálního efektu.

	$h^2$	$h^2_d$	$h^2_m$
AFC 30	0,28 ± 0,06	0,66 ± 0,14	0,32 ± 0,08
AFC 60	0,28 ± 0,06	0,59 ± 0,14	0,28 ± 0,08
AFC 90	0,28 ± 0,06	0,54 ± 0,14	0,26 ± 0,08

### 3.3.3. Analýza průběhu porodů

Průběh porodů je kategorický znak, a z tohoto důvodu je podle Goyache et Gutierrez (2001) nevhodné použít k jeho analýzám standardní lineární modely. Z tohoto důvodu byl k analýze průběhu porodů použit prahový sire model, přičemž REML byl vyřešen pomocí EM (expectation-maximization) algoritmu.

Při bodování bylo použito následovné 5 bodové stupnice podle směrnice používané ve Španělsku (Goyache et Gutierrez, 2001). V závorkách za jednotlivými stupni jsou zaznamenána procenta záznamů jednotlivých telení.

1. Bez asistence (49% telení).
2. S lehkou asistencí (41% telení).
3. Se silnou asistencí (7% telení).
4. Císařský řez (1,9% telení).
5. Špatná poloha telete (nezahrnuto).

Goyache et Gutierrez (2001) vytýkají této směrnici příliš velkou míru subjektivity a nejednoznačnost při bodování jednotlivých zvířat. Pátý stupeň (špatná poloha telete) nebyl v rámci této analýzy zohledněn. V analýze byly zohledněny následující efekty:

- **Fixní efekty:** období otelení (3), počet otelení (4), pohlaví telete (2), rok otelení x stádo (123).
- **Náhodné efekty:** additivní efekt, residuální chyba.

Celkem bylo v analýze zahrnuto 7240 záznamů telení včetně 357 plemeníků (248 plemeníků bez známého předka, 141 se známým otcem a 35 se známým praotcem). Výsledná odhadnutá heritabilita byla  $h^2 = 0,42$ . Sami autoři poukazují na fakt, že jimi odhadnutá heritabilita je téměř 2-3x vyšší oproti nejvyšší odhadnuté heritabilitě v dosavadní literatuře a mohlo by se jednat o nadhodnocený výsledek způsobený použitím pouze aditivního genetického efektu, jako náhodného efektu. S vysokou pravděpodobností je pro tento znak plodnosti důležitý maternální efekt, který nebyl v analýze zohledněn.

Analýze průběhu porodů se ve své práci věnovali i Alday et Ugarte (1998). V této práci se nezaměřili jen na odhad genetického založení této vlastnosti u plemene Holštýnský skot, ale i na porovnání výsledků při použití prahového a lineárního modelu. Co se týče vlastního bodování obtížnosti telení, tak přestože se jednalo, stejně jako v případě Goyache et Gutierrez (2001), o analýzu v rámci Španělska, byly použity jiné výstižnější stupně. Odlišné bodování může být způsobeno použitím rozdílných metodik v případě extenzivních chovů masného plemene Asturiana de los Valles (Goyache et Gutierrez, 2001) a intenzivních chovů mléčného plemene Holštýnský skot (Alday et Ugarte, 1998). Druhým vysvětlením může být změna v metodice během časového tříletého odestupu mezi jednotlivými analýzami. V případě práce Alday et Ugarte (1998) byly při hodnocení obtížnosti otelení použity následující stupně:

1. Otelení bez asistence (54.4%).

2. Otelení s asistencí farmáře (43,9%).
3. Otelení s veterinární asistencí (III + IV = 1,7).
4. Císařský řez (III + IV = 1,7).
5. Špatná poloha telete (-).

Po odstranění všech nejednoznačných a nekompletních záznamů otelení (neznámý otec, špatné hodnocení telení, neznámý věk zvířat, vícečetné vrhy a telení se špatnou polohou telete) bylo v analýze zahrnuto 31 548 zvířat. Frekvence jednotlivých stupňů obtížnosti telení je uvedena v závorkách za jednotlivými kategoriemi. V této analýze byly navíc sloučeny stupně III. a IV. z důvodu jejich nízké jednotlivé frekvence výskytu. Alday et Ugarte (1998) ve své práci použili následující efekty:

- **Systematické efekty**: stádo x rok (2 849), měsíc otelení (12), číslo otelení (2), pohlaví telete (2).
- **Nesystematické efekty**: sire efekt, residuální chyba.

Efekt „měsíc otelení“ byl rozdělen celkem do 12 kategorií (leden = 1, únor = 2 atd.). Efekt „číslo otelení“ byl rozdělen do dvou kategorií – první telení a telení následující. Výsledná odhadnutá heritabilita byla v případě použití prahového modelu  $h^2 = 0,152$ . Při použití lineárního modelu byla odhadnutá heritabilita výrazně nižší ( $h^2 = 0,028$ ).

Podle Alday et Ugarte (1998) je jedním z možných vysvětlení nízkých výsledků v případě lineárního modelu nepřesné zaznamenávání průběhů otelení chovateli. Jedná se o subjektivní hodnocení, kde mohou obzvláště mezi stupněm I. a II. vzniknout zkreslené záznamy. Například u otelení, která by mohla proběhnout prakticky bez lidské pomoci, mohou chovatelé zbytečně asistovat. Možný je i opačný problém, kdy telení, která by asistenci chovatele vyžadovala, jsou ponechána volnému průběhu. K tomuto možnému zkreslení struktury dat nasvědčuje i poměrně podobná četnost výskytu I. (54,4%) a II. (43,9%) stupně obtížnosti otelení. Druhé možné vysvětlení řádově vyšší odhadnuté heritability v případě prahového modelu může být nezačlenění maternálního efektu, který by mohl zabránit nadhodnocení sire variance.

### 3.3.4 Analýza délky březosti

Wray et al. (1987) analyzovali genetické založení délky březosti u plemene Americký Simmentál za pomoci sire maternal-grandsire modelu. V modelu byly použity následující efekty:

- **Fixní efekty**: skupina, pohlaví X věk plemence při otelení X % simentálského skotu.
- **Náhodné efekty**: sire, maternal-grandsire, residuální chyba.

Co se týče výše zmíněných efektů, byly skupiny utvořeny podle chovatele, stáda a sezony otelení, která byla rozdělena na jarní (od dubna do září) a podzimní (od října do března). Efekty věku plemence při otelení, pohlaví narozeného telete a % simentálského skotu byly uvedeny v triádě, čímž vzniklo obrovské množství skupin (celkem 4 258 skupin se 6 – 640 záznamy). Podle věku při otelení byly matky rozděleny do celkem 12 skupin – 1,5 až 2 roky, 3; 4; 5; 6; 6,5-7 let a 7 let a více. Pro korekci na „standardní délku březosti“ bylo k tomuto věku přičteno navíc 285 dní. Efekt „% simentálského skotu“ byl v analýze začleněn, jelikož podle Wray et al. (1987) má Simmentálský skot mezi masnými plemeny skotu (*Bos taurus*) v průměru jednu z nejdelších březostí a v analýze bylo vedle čistokrevných zvířat začleněno i značné množství kříženců. Zvířata byla rozčleněna do celkem 3 skupin a to podle 50%, 75%, > 85% podílu Simmentálského skotu v krvi.

Základní struktura dat byla očištěna od záznamů zabřeznutí pomocí embryotransferu, vícečetných porodů a záznamů mimo rozmezí 262 - 306 dní, které byly považovány za chybně zaznamenané. Po očištění dat bylo ve výsledku zahrnuto 71 461 záznamů, z toho 1 791 otců a 4 258 otců matek. Délka březosti se v průměru pohybovala kolem 284 dní se směrodatnou odchylkou 5,52. Výsledná odhadnutá heritabilita byla  $h^2 = 0,384$ .

Goyache et Gutierrez (2001) analyzovali heritabilitu délky březosti pomocí multivariačního animal modelu. K vyhodnocení variance byla použita DF-REML metoda. V modelu byly použity následující efekty:

- **Systematické efekty**: období otelení (3), počet otelení (4), pohlaví telete (2), rok otelení x stádo (84).
- **Nesystematické efekty**: additivní genetický efekt, maternální efekt, residuální chyba.

V analýze bylo zahrnuto 3 926 záznamů (105 plemeníků v databázi s potomkem a 383 plemenic v databázi s potomkem). Průměrná hodnota délky březosti byla v tomto případě 287 dní se směrodatnou odchylkou 6,1 dne. Výsledná odhadnutá heritabilita byla  $h^2 = 0,15 \pm 0,03$ . Podle autorů se oproti ostatním publikacím jedná o podhodnocenou hodnotu, což může být vysvětleno hned několika důvody, například je důležité zmínit, že Goyache et Gutierrez (2001) byli mezi prvními, kdo při odhadu heritability délky březosti použili animal model, kdežto v ostatních analýzách byl v drtivé většině použit sire-maternal grandsire model. Při použití těchto modelů byla předpokládána kovariance (nenulovou hodnotu kovariance) mezi

přímým a maternálním gentickým efektem. Jestliže by tato hodnota dosahovala středních a vyšších hodnot, lze očekávat následné nadhodnocení výsledků při použití tohoto modelu.

Další důvod, který podle Goyache et Gutierrez (2001) může způsobit nadhodnocení odhadnuté heritability může být ten, že délka březosti je v některých studiích považována za geneticky hodnotitelný znak telete zaměňovaný za porodní váhu, přestože se jedná o znak hodnocený u krav-matek.

### 3.3.5 Analýza dne otelení

Gutierrez et al. (2002) analyzovali dědivost dne otelení u španělského plemene Asturiana de los Valles za pomoci multivariační REML (restricted maximum likelihood) metody aplikované na lineární model se smíšenými efekty. V analýze byly použity následující efekty:

- **Fixní efekty**: rok otelení, pohlaví telete, stádo, období otelení.
- **Pomocné proměnné**: věk plemence.
- **Náhodné efekty**: additivní genetický efekt, residuální chyba.

Podle Gutierrez et al. (2002) se otelení zvířat plemene Asturiana de los Valles rozřazuje do dvou pololetí. První je vymezené od 1. ledna do 30. června. Druhé od 1. července do 31. prosince. Den otelení jednotlivých zvířat se vypočítá jako odchylka (ve dnech) od 1. dubna (v případě první sezony), nebo od 1. října (v případě druhé sezony).

V analýze bylo zahrnuto celkem 10 196 záznamů otelení (z nichž bylo 2 497 prvotelek). Stejně jako v případě analýzy mezidobí a věku při prvním otelení byla i zde zvířata rozřazena do příbuzenských skupin obsahujících 20 a více sourozenců ze strany otce (celkem 673 zvířat). Výsledná odhadnutá heritabilita byla  $h^2 = 0,21$  (Gutierrez et al., 2002).

Minick Bormann et Wilson (2010) se při měření dne otelení přiklání k jiné metodě. V jejich práci byl den otelení měřen v rámci chovných skupin a vypočítal se jako odchylka ve dnech od prvního otelení v dané skupině. Například jestliže se plemence otelila 5 dní po první otelení ve skupině, byl jí přiřazen den otelení = 5, jestliže se otelila 10 dní po první otelení ve skupině, byl den otelení = 10 atd. Stejně jako v předchozím případě (analýza dne prvního otelení) byly při měření tohoto znaku použity penalizační hodnoty u krav, které se v dané skupině a chovné sezoně měly otelit a neotelily se. Neotelkým kravám se přidělovalo 30 (CD30), 60 (CD60), nebo 90 (CD90) dní od posledního otelení ve skupině.

V analýze Minick Bormann et Willson (2010) bylo stejně jako v případě věku při prvním otelení cíleno jak na odhad heritability daných znaků, tak v porovnání výsledků modelu s maternálním efektem s modelem bez maternálního efektu. Pro model bez maternálního efektu byly použity následovné efekty:

- **Fixní efekty**: rok otelení x stádo, počet inseminací/připuštění nutných k zabřeznutí plemence, věk krávy (rozdělení zvířat do skupin podle dosaženého věku krávy, přičemž byly utvořeny skupiny podle dosažených 2, 3, 4, 5 až 10, nebo 11 a více let).
- **Pomocné proměnné**: váha telat ve věku 1 roku, věk plemence na začátku chovné sezóny (věk jednotlivých zvířat v době, kdy došlo k otelení první plemence v chovné skupině).
- **Náhodné efekty**: maternální efekt (pouze v druhém modelu), residuální chyba.

Výše zapsané efekty lze přesněji zapsat následujícími rovnicemi:

$$Y = X\beta + Zu + e,$$

která byla pro model s maternálním efektem následovně rozšířena:

$$Y = X\beta + Zu + Wm + Spe + e.$$

Vysvětlivky k rovnicím byly rozepsány v předešlé části 3.3.2 Analýza věku při prvním otelení.

Základní struktura dat byla totožná s analýzou věku při prvním otelení ( $n = 2\,082$ , data byla pořízena ze dvou chovů, první chov sloužil jako kontrolní a data z druhého chovu byla rozčleněna do dvou subsetů). Stejně jako v případě analýzy věku při prvním otelení, došlo s přiřítáním jednotlivých penalizovaných skupin zvířat i ke změnám v průměrných hodnotách tohoto znaku – CD30 mělo průměrnou hodnotu 37 dní (směrodatná odchylka 39 dní), CD60 mělo průměrnou hodnotu 41 dní (směrodatná odchylka 48 dní) a CD90 mělo průměrnou hodnotu 45 dní (směrodatná odchylka 57 dní). Výsledná odhadnutá heritabilita bez maternálního efektu a po začlenění maternálního efektu pro den otelení je znázorněna v tabulce č. 3 (Bormann et Wilson, 2010).

Tabulka č. 3 – Odhadnuté heritability bez maternálního efektu a její změny po přidání maternálního efektu do modelu (Minick Bormann et Willson, 2010).

	$h^2$	$h^2_d$	$h^2_m$
CD 30	$0,07 \pm 0,06$	$0,04 \pm 0,04$	$0,08 \pm 0,05$
CD 60	$0,08 \pm 0,06$	$0,07 \pm 0,05$	$0,10 \pm 0,06$
CD 90	$0,09 \pm 0,07$	$0,10 \pm 0,07$	$0,13 \pm 0,06$

### 3.3.6 Analýza dlouhověkosti

Van der Westhuzien et al. (2001) použili k analýze dlouhověkosti prahový sire model. Klasické lineární metody byly v tomto případě nepoužitelné, protože data nevykazovala normální rozdělení.

Jak již bylo řešeno v kapitole komponenty plodnosti, dlouhověkost je velice komplexní doplňkový znak vycházející z plodnosti, a tak k němu přistupovali i Van der Westhuzien et al. (2001). Dlouhověkost jako takovou rozdělili na celkem dva dílčí znaky. První byl přežitelnost, definovaná jako pravděpodobnost zvířete dožití určitého věku. Tento znak se hodnotil celkem v 5 stupních (36, 48, 60, 72 a 84 měsíců) a každému zvířeti bylo přiřazeno číslo 1, pokud daného stupně dosáhlo, popřípadě číslo 0 pokud v daném stupni jeho záznam končil. Druhý znak byla dlouhověkost odečtená z posledního reprodukčního záznamu v databázi (např. pokud byl poslední reprodukční záznam v 6 letech, byla zvířeti přiřazena dlouhověkost 6 let nehlédě na dožití roky). Tyto dva základní znaky doplnili navíc „úspěšností otelení“, která má sloužit, jako určovací faktor reprodukčně-produkční dlouhověkosti. Co se týče značení úspěšnosti otelení v databázi, byly plemence binárně ohodnoceny (1 = otelila se, 0 = neotelila se) podle reprodukčního výkonu v daném roce. V analýze byly použity následující efekty:

- **Fixní efekty:** farma (jedná se o širší pojetí označení chovné skupiny – ve většině studií se používá spíše užší efekt „stáda“ – chovné skupiny), produkční rok, rok narození plemence, úspěšnost otelení (použit jako fixní efekt pouze v případě analýzy přežitelnosti a dlouhověkosti), věk plemence.
- **Náhodné efekty:** sire efekt, resiudální chyba.

Začlenění efektu „rok narození plemence“ a „produkční rok“ způsobilo předimenzovanost modelu. Z tohoto důvodu byly fixní efekty rozděleny do dvou separovaných modelů. V prvním modelu byly zahrnuty: farma, úspěšnost otelení, rok



narození plemence. V druhém to byly: farma, úspěšnost otelení a produkční rok (Van der Westhuzien et al., 2001).

Odhadnuté heritability úspěšnosti otelení a dlouhověkosti, včetně jejich stupňů jsou znázorněny v tabulce č. 4. Struktura dat a jednotlivé výstupy z prahového modelu jsou obsahově velice rozsáhlé, proto nebudou v této práci uvedeny. Nicméně lze z nich vyčíst několik důležitých poznatků (Van der Westhuzien et al., 2001):

1. Šance, že plemence zůstane ve stádě, se s každým dožitým rokem zvyšuje.
2. Rapidní pokles šance dožití dalšího roku v 9-10 letech zvířat (od tohoto věku se většinou reprodukcí, či vlastní užitkovost snižuje a v chovu zůstávají pouze například nejkvalitnější plemence kvůli genetickému materiálu).
3. Mladší plemence (2-3 roky) mají nižší šanci úspěšného otelení než starší plemence (7-8 let). Logicky je tento jev způsoben tím, že velké procento mladších plemenic je poraženo kvůli špatné reprodukci (vysoké procento mladých zvířat v databázi vykazuje špatnou reprodukci), a tím pádem se do věku 7-8 let dožívají jen plemence s vynikající reprodukcí (procento zvířat se špatnou reprodukcí je u starších zvířat rapidně sníženo).

**Tabulka č. 4 – Odhadnuté heritability analýzy dlouhověkosti (Van der Westhuzien et al., 2001).**

	h <sup>2</sup>	
Dlouhověkost	0,08	
Úspěšnost otelení	0,03	
Přežitelnost – 36 měsíců	Model 1	Model 2
	0,06	0,04
Přežitelnost – 48 měsíců	0,1	0,07
Přežitelnost – 60 měsíců	0,06	0,05
Přežitelnost – 72 měsíců	0,03	0,03
Přežitelnost – 82 měsíců	0,11	0,11

### 3.4 Korelace mezi znaky plodnosti

Mezi znaky plodnosti jsou významné korelace. Tak například Gutierrez et al. (2002) ve své práci pomocí lineárního smíšeného modelu vedle odhadů heritability znaků plodnosti zjistili i vzájemné korelace mezi mezidobím, věkem při prvním otelení a dnem otelení. Odhadnuté korelace jsou znázorněny v tabulce č. 5. Odhadnuté korelace byly negativní mezi dnem otelení a mezidobím (-0,285), dnem otelením a věku při prvním otelení (-0,085) a mezi mezidobím a věkem při prvním otelení (0,233). Tyto výsledky mohou sloužit jako odůvodnění selekce na nižší věk při prvním otelení. Tato selekce může pomoci ke zlepšení

(zkrácení) délky mezidobí a zároveň není třeba se obávat značného zhoršení (prodloužení) dnu otelení. Autoři zároveň poukazují na další významné vztahy mezi těmito vlastnostmi. Například krávy s dřívějším dnem otelení mají tendence k prodlužování následovného mezidobí. Mezidobí může prodloužit i zpožděné první otelení jalovice.

**Tabulka č. 5 – Výsledky určení korelací mezi znaky plodnosti (Gutierrez et al., 2002).**

	Mezidobí	Věk při prvním otelení
Den otelení	- 0,285	- 0,085
Mezidobí	-	0,233

Van der Westhuzien et al. (2001) zkoumali korelace mezi plodností (úspěšnost otelení v daném roce) a dílčími znaky dlouhověkosti. Fixní efekty, náhodné efekty a použitý model při této analýze byly již popsány v kapitole 3.3.6 Analýza dlouhověkosti. Výsledné korelace jsou znázorněny v tabulce č. 6. Autoři se přiklání k variantě, že vypočítané korelace nejsou genetického charakteru (což značí i nízká odhadnutá heritabilita těchto znaků) a proto nelze počítat se zlepšením určitého stupně přežitelnosti při dřívější selekci na „nižším“ (dřívějším) stupni přežitelnosti.

**Tabulka č. 6 – Výsledky analýzy korelací mezi znaky plodnosti a dlouhověkosti (Van der Westhuzien et al., 2001).**

Přežitelnost (měsíce)	Přežitelnost (měsíce)				Úspěšnost otelení
	48	60	72	84	
36	0,22	0,13	0,09	0,14	0,14
48		0,06	0,20	0,00	0,12
60			0,19	0,01	0,04
72				0,02	0,07
84					0,20

## 4 Závěr

Plodnost je souhrnná vlastnost, která se dá rozdělit na několik snadno měřitelných dílčích znaků. V rámci chovů masných plemen skotu se plodnost nejčastěji hodnotí celkem 5 znaky: mezidobí, věk při prvním otelení, délka březosti, den otelení a průběh porodů.

Přestože lze říci, že díky nadnárodním společnostem a Evropské Unii se způsoby zaznamenávání těchto znaků ve vyspělých zemích začínají sjednocovat, tak se stále v rámci jednotlivých států a jejich chovatelských svazů díky zažitým zvykům a metodikám liší. Navíc se zde naskytá problém subjektivity chovatelů při hodnocení těchto znaků. Tento fakt je prvním důvodem, proč nelze k analýze genetického založení plodnosti užít stejné modely. Druhým důvodem je silná rozdílnost prostředí, ve kterém jsou jednotlivé populace analyzovaných zvířat chována. Prostředí se liší například podmínkami stanovenými podnebím, různými způsoby chovu, nebo rozdílnou kvalitou ošetřování a krmiva.

Až na průběh porodů, což je kategorický znak, vykazují znaky plodnosti (měřené ve dnech) normální rozdělení, proto se k jejich analýzám používají v drtivé většině lineární animal modely. V případě průběhu porodů se používá prahový model. Tyto modely jsou v závislosti na prostředí analyzované populace modifikovány rozdílnými fixními a náhodnými efekty. Pomocí těchto modelů byly zjištěny pro komponenty plodnosti následující hodnoty dědivosti: pro mezidobí  $h^2 = 0,12$ , pro věk při prvním otelení  $h^2 = 0,27$  a  $h^2 = 0,28$ , pro délku březosti  $h^2 = 0,38$  a  $h^2 = 0,15$ , pro den otelení  $h^2 = 0,21$  a  $h^2 = 0,07$  a pro průběh porodů  $h^2 = 0,42$ ,  $h^2 = 0,15$ ,  $h^2 = 0,28$

Jediný způsob, jak v současnosti určit přesnost výsledků jednotlivých analýz a vybrat nejvhodnější model je porovnání výsledků analýz mezi sebou. Daleko přesnější by byla možnost použití téměř totožně upravených modelů. Tyto modely by se daly použít za předpokladu vyřešení několika zásadních problémů. První překážka, kterou je nutné překonat, je dána rozdílnými metodikami záznamu jednotlivých znaků ať už v rámci států, či jednotlivých chovatelských svazů. Druhý problém tvoří subjektivita při zaznamenávání těchto znaků, která silně zkresluje strukturu analyzovaných dat. Zcela jistě se najdou například chovatelé, kteří zaznamenávání některých znaků berou jako zbytečnou povinnost, což se ve výsledku odráží i na přesnosti těchto záznamů. Teoreticky je možné část těchto chovatelů motivovat vzděláním v dané problematice a informovat je o důležitosti těchto záznamů pro vědecké účely. Do jisté míry lze od nesprávně zaznamenaných měření analyzovaná data očistit. Třetí a zároveň neřešitelný problém je daný rozdílnými způsoby chovu analyzovaných populací. Z těchto důvodů je prozatím použití stejných modelů napříč státy v současnosti

nemožné, nicméně stále lze modely mezi jednotlivými státy přebírat na základě podobnosti managementu chovu, plemenitby a jiných dílčích faktorů podmínek prostředí.

## 5 Seznam literatury

- Alday, S., Ugarte, E. 1998. Genetic evaluation of calving ease in Spanish Holstein population. *Interbull bulletin*. 18. 21-24.
- Bedford, J. M. 1983. Significance of the Need for Sperm Capacitation Before Fertilization in Eutherian Mammals. *Biology of Reproduction*. 28. 108-120.
- Burdych, V., Všečetka, J., Divoký, L., Brychta, J., Stejskalová, E., Kvapilík, J. 2004. *Reprodukce ve stádech skotu*. Chovservis a.s. Hradec králové. 72 s.
- Burris, M. J., Blunn, C. T. 1952. Some factors affecting gestation length and birth weight of beef cattle. *Journal of animal science*. 11 (1). 34-41.
- Dákay, I., Márton, D., Bene, S., Kiss, B., Zsuppán, Z., Szabó, F. 2006. The age at first calving and the longevity of beef cows in Hungary. *Archiv fur Tierzucht*. 49. 417-425.
- Goyache, F., Gutiérrez, J. P. 2001. Heritability of reproductive traits in Asturiana de los Valles beef cattle breed. *Archiv fur Tierzucht*. 44 (5). 489-496.
- Gutiérrez, J. P., Alvarez, I., Fernández, I., Royo, L. J., Díez, J., Goyache, F. 2002. Genetic relationship between calving date, calving interval, age at first calving and type traits in beef cattle. *Livestock Production Science*. 78. 213-222.
- Jakubec, V., Říha, J., Golda, J., Majzlík, I. 1999. *Odhad plemenné hodnoty hospodářských zvířat*. VÚCHS - Výzkumný ústav pro chov skotu. Rapotín. 177 s. ISBN-13: 978-80-213-0622-6.
- Jakubec, V., Golda, J., Říha, J. 1998. *Šlechtění masných plemen skotu*. VÚCHS – Výzkumný ústav pro chov skotu. Rapotín. 177 s. ISBN-13: 978-80-238-4045-2.
- Kliment, J., Karásek, V., Kúbek, A., Pšenica, J. 1985. *Všeobecná zootechnika. Příroda – vydavatelství knih a časopisov*. Bratislava. 441 s. ISBN 64-034-85.
- Kudláč, E., Holý, L. 1984. *Řízení a kontrola reprodukce ve velkochovech skotu*. 1. vyd. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 382 s.

- Laster, D. B., Glimp, H. A., Cundiff, L. V., Gregory, K. E. 1973. Factors affecting dystocia and the effects of dystocia on subsequent reproduction in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 36. 695-705.
- Lorenc, M. 2002. Šlechtitelská práce v chovu skotu aneb cesta do hlubin genetiky skotu. Chovservis a.s.. Hradec Králové. 120 s. ISBN 80-254-1253-9.
- Louda, F. 2008. Uplatnění biologických zásad při řízení reprodukce plemenic: metodika. 1. vyd. Výzkumný ústav pro chov skotu. Rapotín. 55 s. ISBN 978-80-87144-05-3.
- Martinez, G. E., Koch, R. M., Cundiff, L. V., Gregory, K. E., Kachman, S. D., Van Vleck, L. D. 2005. Genetic parameters for stayability, stayability at calving and stayability at weaning to specified ages for Hereford cows. *Journal of Animal Science*. 83. 2033-2042.
- Marvan, F., Hampl, A., Hložánková, E., Kresan, J., Massanyi, L., Vernerová E., Jelínek, K. 1992. Morfologie hospodářských zvířat. Zemědělské nakladatelství Brázda. Praha. 328 s. ISBN: 80-209-0226-0a.
- Minick Bormann, J., Wilson, D. E. 2010. Calving day and age at first calving in Angus heifers. *Journal of animal science*. 88. 1947-1956.
- Moore, D. S., Notz, W. I., Flinger, M. A. 2013. The basic practice of statistics – sixth edition. W. H. Freeman and Company. New York. 989 s. ISBN-13: 978-1-4641-0254-7.
- Pryce, J. E., Royal M. D., Garnsworthy P. C., Mao I. L. 2003. Fertility in the high-producing dairy cow. *Livestock Production Science*. 86. 123-135.
- Příbyl, J., Misztal, I., Příbylová, J., Šeba, K. 2003. Multiple-breed, multiple-traits evaluation of beef cattle in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science*. 48 (12). 519-532.
- Reece, W. O. 2010. Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat. Grada publishing. Praha. 480 s. ISBN: 978-80-247-3282-4.
- Ruvuna F., Taylor, J. F., Walter, J. P., Turner, J. W., Thallman, R. M. 1992. Bioeconomic evaluation of embryo transfer in beef production systems: II. Economic evaluation of steer production. *Journal of Animal Science*. 70. 1077-1083.

- Strapák, P. 2008. Analýza vybraných funkčních znaků kombinovaných plemen dobytka na Slovensku. Zpravodaj Svazu chovatelů a plemenné knihy českého strakatého skotu. 2008 (3).
- Stupka, R., Čítek, J., Fantová, M., Ledvinka, Z., Navrátil, J., Nohejlová, L., Stádník, L., Šprysl, M., Štolc, L., Vacek, M., Zita, L. 2013. Chov zvířat. Powerprint. Praha. 286 s. ISBN 978-80-87415-66-5.
- Van der Westhuizen, R. R., Schoeman, S. J., Jordaan, G. F., Van Wyk, J. B. 2001. Heritability estimates derived from threshold analyses for reproduction and stayability traits in a beef cattle herd. South African Journal of Animal Science. 31 (1). 25-32.
- Veselá, Z., Vostrý, L., Svitáková A. 2013. Genetické hodnocení plodnosti u masného skotu. Zpravodaj českého svazu chovatelů masného skotu. 20 (1). 18-21.
- Wray, N. R., Quass, R. L., Pollak, E. J. 1987. Analysis of gestation length in american simmental cattle. Journal of animal science. 65. 970-974.
- Åby, B. A., Vangen, O., Sehested, E., Aass, L. The economic importance of fertility in beef cattle [online]. University of Life Sciences. Department of Animal and Aquaculture Sciences. 24. Srpna 2010 [cit. 2014-08-23]. Dostupné z [http://www.eaap.org/previous\\_annual\\_meetings/2010crete/papers/18\\_aby.pdf](http://www.eaap.org/previous_annual_meetings/2010crete/papers/18_aby.pdf).
- Metodika kontroly užitečnosti skotu bez tržní produkce mléka [online]. Český svaz chovatelů masného skotu. 2006 [cit. 16. 3. 2015]. Dostupné z: [http://cschms.cz/DOC\\_LEGISLATIVA\\_svaz/117\\_Metodika\\_KUMP.pdf](http://cschms.cz/DOC_LEGISLATIVA_svaz/117_Metodika_KUMP.pdf).
- Urban, T. Virtuální svět genetiky 3 – Genetika populací a kvantitativních znaků [online]. Mendelova univerzita v Brně. Agronomická fakulta. Brno. Ústav morfologie, fyziologie a genetiky zvířat. 5. září 2008. aktualizováno dne 1. června 2012. [cit. 2015-7-2]. Dostupné z <http://user.mendelu.cz/urban/vsg3/index.html>.
- Whittier, J. C. Reproductive Anatomy and Physiology of the Cow [online]. University of Missouri. Department of Animal Sciences. Říjen 1993 [cit. 2014-10-19]. Dostupné z <http://extension.missouri.edu/p/G2015>.

## **6 Seznam zkratek**

BIF – Beef Improvement Federation

ČSCHMS – Český svaz chovatelů masného skotu

AFC – Věk při prvním otelení (z anglického Age at First Calving)

CD – Den otelení (z anglického Calving Day)

REML – Restricted maximum likelihood

DF-REML – Derivative free restricted maximum likelihood

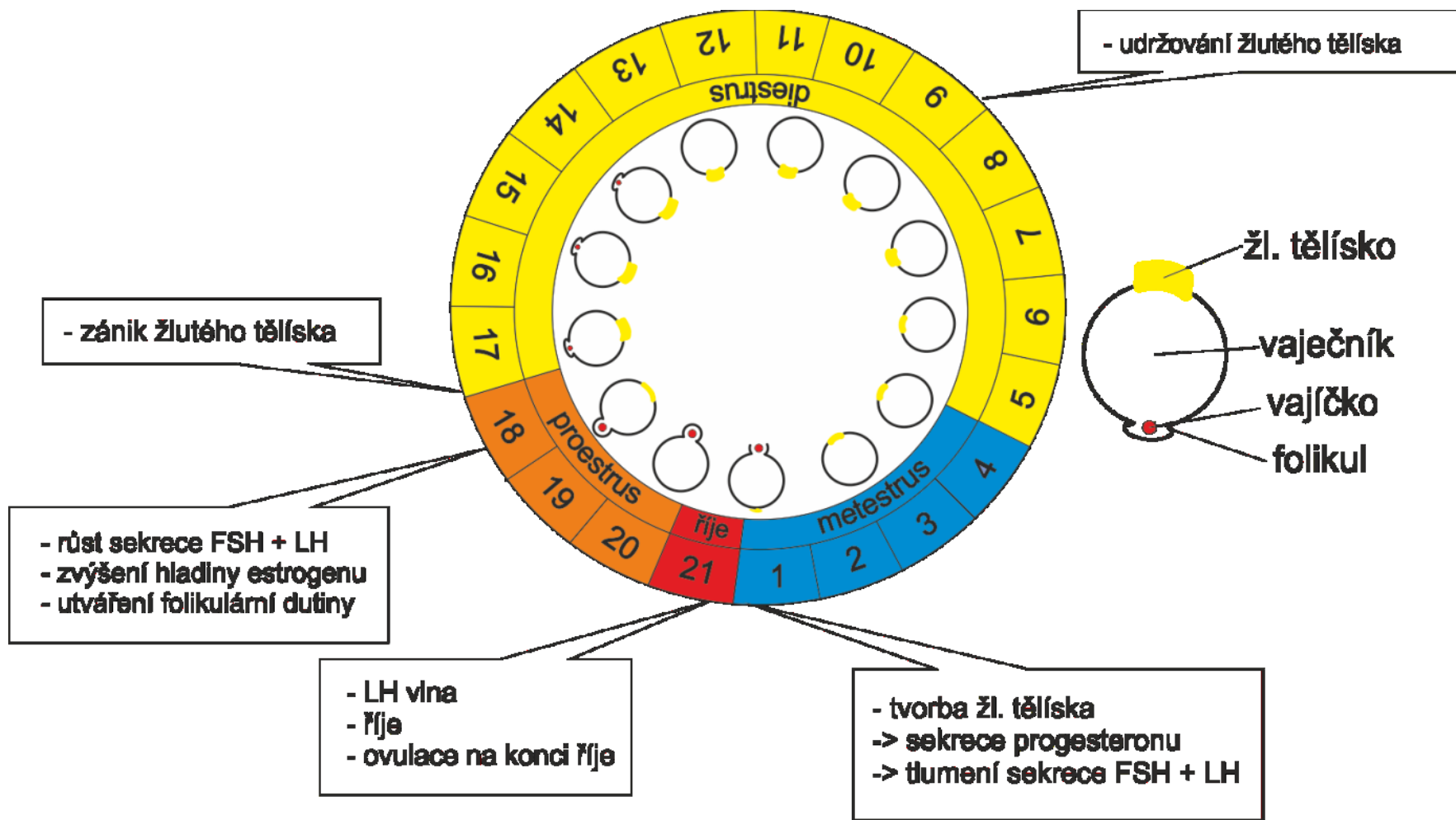


## **7 Přílohy**

Příloha č. 1 – Schéma říjového cyklu.

Příloha č. 2 – Přehled genetických analýz.

Příloha č. 1 – Schéma říjového cyklu.



**Příloha č. 2 – Přehled genetických analýz.**

Znak	Plemeno	Model	Fixní efekty	Náhodné efekty	$h^2$
Mezidobí	Asturiana de los Valles	Multivariační animal model	Období otelení Počet otelení Pohlaví telete Rok otelení Stádo	Aditivní genetický Maternální Zbytkový	0,12
Mezidobí	Asturiana de los Valles	Animal model	Rok otelení Pohlaví telete Stádo Období otelení Věk plemence (pomocná proměnná)	Aditivní genetický Zbytkový	0,125
Věk při prvním otelení	Asturiana de los Valles	Multivariační animal model	Období otelení Rok otelení X stádo	Aditivní genetický Zbytkový	0,27
Věk při prvním otelení	Asturiana de los Valles	Animal model	Rok otelení Pohlaví telete Stádo Období otelení Věk plemence (pomocná proměnná)	Aditivní genetický Zbytkový	0,235
Věk při prvním otelení	Aberdeen angus	Animal model	Rok otelení x stádo Počet přípuštění nutných k zařeznutí Věk zvířete	Aditivní genetický Zbytkový	0,28
Věk při prvním otelení	Aberdeen angus	Animal model	Rok otelení x stádo Počet přípuštění nutných k zařeznutí Věk zvířete	Aditivní genetický Maternální Zbytkový	$h^2_d = 0,66$ $h^2_m = 0,32$

Průběh porodů	Asturiana de los Valles	Prahový sire model	Období otelení Počet otelení Pohlaví telete Rok otelení x stádo	Aditivní efekt Zbytkový efekt	0,42
Průběh porodů	Holštýnský skot	Prahový sire model	Rok otelení x stádo Měsíc otelení Číslo otelení Pohlaví telete	Sire efekt Zbytkový efekt	0,152
Průběh porodů	Holštýnský skot	Lineární sire model	Rok otelení x stádo Měsíc otelení Číslo otelení Pohlaví telete	Sire efekt Zbytkový efekt	0,028
Délka březosti	Americký Simmentál	Sire maternal-grandsire model	Skupina Pohlaví telete x věk plemenice při otelení x % simmentálského skotu	Sire Maternal grand-sire Zbytkový	0,384
Délka březosti	Asturiana de los Valles	Multivariační animal model	Období otelení Počet otelení Pohlaví telete Rok otelení x stádo	Aditivní genetický Maternální Zbytkový	0,15
Den otelení	Asturiana de los Valles	Animal model	Rok otelení Pohlaví telete Stádo Období otelení Věk plemence (pomocná proměnná)	Aditivní genetický Zbytkový	0,21
Den otelení	Aberdeen angus	Animal model	Rok otelení x stádo Počet přípuštění nutných k zařeznutí Věk zvířete	Aditivní genetický Zbytkový	0,07
Den otelení	Aberdeen angus	Animal model	Rok otelení x stádo Počet přípuštění nutných k zařeznutí	Aditivní genetický Maternální Zbytkový	$h^2_d = 0,04$ $h^2_m = 0,08$

			Věk zvířete		
Dlouhověkost	-	Prahový sire model	Farma Rok narození plemenice Úspěšnost otelení Produkční rok	Sire efekt Zbytkový efekt	0,08
Úspěšnost otelení	-	Prahový sire model	Farma Rok narození plemenice Úspěšnost otelení Produkční rok	Sire efekt Zbytkový efekt	0,03