

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Analýza stravitelnosti fosforu u plemenných hřebců**

**Diplomová práce**

**Bc. Barbora Kudějová**

**Výživa zvířat**

**Ing. Martina Janošíková**

**© 2022 ČZU v Praze**

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Analýza stravitelnosti fosforu u plemenných hřebců" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

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

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Martině Janošíkové za čas, trpělivost a rady, které mi poskytla při zpracování diplomové práce. Poděkování také patří Ing. Jitce Raichové a Národnímu hřebčínu Kladruby nad Labem za ochotu a vstřícnost při odběru vzorků. Dále bych ráda poděkovala Výzkunému ústavu živočišné výroby v Uhříněvsi za pomoc při analýze a zpracování vzorků. Na závěr bych chtěla poděkovat rodině a přátelům za rady a podporu.

# Analýza stravitelnosti fosforu u plemenných hřebců

## Souhrn

Vylučování fosforu hospodářskými zvířaty do vnějšího prostředí a jeho následný vliv na životní prostředí je v posledních letech diskutovanou otázkou. U koní je nejvíce fosforu vylučováno trusem a malé množství se nachází i v moči. Jako nejvíce rizikové se jeví odplavování fosforu do vodních toků, kde působí jako hlavní faktor eutrofizace.

V tomto experimentu bylo hodnoceno celkové množství fosforu vyloučeného z trusu hřebců do vnějšího prostředí u 10 plemenných hřebců plemene starokladrubský kůň chovaných v Národním hřebčíně Kladruby nad Labem. Hřebci byli ustájeni v boxovém stání. Denní krmná dávka obsahovala 10 kg sena, 2,5 kg ječmene, 0,8 kg Formula Kladruby. Voda a solný liz byly k dispozici *ad libitum*. Experiment probíhal mimo pastevní období.

Laboratorní analýza krmiv byla provedena v laboratoři v Písku. Analýza výkalů byla provedena v laboratoři na Katedře mikrobiologie, výživy a dietetiky na České zemědělské univerzitě v Praze a ve Výzkumném ústavu živočišné výroby v Uhřetěbově. Sledovány byly hodnoty sušiny, popelovin, dusíkatých látek, neutrálně-detergentní (NDF) a acidodetergentní vlákniny (ADF), acido-detergentního ligninu, písku, vápníku a fosforu.

Průměrný obsah fosforu v krmné dávce byl 0,35 % ve 100% sušině. Obsah fosforu ve výkalech představoval 0,54 %. Stravitelnost NDF byla 54,32 % ± 10,7 %, ADF 65,86 % ± 8,39 %. Stravitelnost fosforu byla 40,79 % ± 16,6 %, u vápníku 51,66 % ± 12,60 %. Hodnoty poměru vápníku a fosforu 1,02:1 naznačují možnost navýšení vápníku v krmné dávce.

Výsledky prokázaly, že množství fosforu vyloučeného trusem je vyšší než jeho příjem v krmivu. Při nedostatečné hygieně pastvin a nakládání s trusem existuje zvýšené riziko vyplavování fosforu do vnějšího prostředí a trus plemenných hřebců tak může představovat potenciální riziko pro životní prostředí.

**Klíčová slova:** kůň, výživa, fosfor, stravitelnost, krmná dávka

# Analysis of phosphorus digestibility of breeding stallions

## Summary

The excretion of phosphorus by livestock into the external environment and its subsequent impact on the environment has been a debated question in recent years. In the case of horses, most phosphorus is excreted in the faeces and a small amount is also found in the urine. The most risky factor appears to be phosphorus leaching into watercourses, where it acts as a major eutrophication.

In this experiment, the total amount of phosphorus excreted from stallion faeces in the external environment was evaluated in 10 breeding stallions of the Kladrubers bred in Kladruby nad Labem. The stallions were housed in a box stand. Daily ration contained 10 kg of hay, 2,5 kg of barley, 0,8 kg of Formula Kladruby. Water and salt lick were available *ad libitum*. The experiment took place outside the grazing period.

Laboratory analysis of feed was performed in a laboratory in Písek. The faeces analysis was executed in a laboratory at the Department of Microbiology, Nutrition and Dietetics at the Czech University of Life Sciences in Prague and at the Institute of Animal Science in Uhřetěves. The values of dry matter, ash, nitrogenous substances, neutral-detergent (NDF) and acid-detergent fiber (ADF), acid-detergent lignin, sand, calcium, and phosphorus were monitored.

The average phosphorus content in the feed ration was 0,35 % in 100% dry matter. The phosphorus content in the faeces was 0,54 %. NDF digestibility was 54,32 %  $\pm$  10,7 %, ADF 65,86 %  $\pm$  8,39 %. Phosphorus digestibility was 40,79 %  $\pm$  16,6 %, for calcium 51,66 %  $\pm$  12,60 %. The values of calcium and phosphorus rations of 1,02:1 indicate the possibility of increasing calcium in the feed ration.

The results showed that the amount of phosphorus excreted in the faeces is higher than its intake in feed. Due to insufficient pasture hygiene and manure management, there is an increased risk of phosphorus leaching into the external environment and the faeces of breeding stallions may thus pose a potential risk to the environment.

**Keywords:** horse, nutrition, phosphorus, digestibility, feed ration

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b> .....	<b>10</b>
<b>3.1</b>	<b>Trávicí ústrojí koně</b> .....	<b>10</b>
3.1.1	Dutina ústní.....	10
3.1.2	Hltan, jícn a žaludek.....	11
3.1.3	Tenké střevo .....	12
3.1.4	Tlusté střevo .....	12
<b>3.2</b>	<b>Živiny ve výživě koní</b> .....	<b>13</b>
3.2.1	Voda .....	13
3.2.2	Energie .....	13
3.2.3	Tuky.....	13
3.2.4	Bílkoviny.....	14
3.2.5	Sacharidy.....	14
3.2.6	Vitamíny.....	15
3.2.7	Minerální látky .....	16
3.2.8	Stravitelnost živin.....	18
<b>3.3</b>	<b>Krmiva</b> .....	<b>20</b>
3.3.1	Objemná krmiva.....	20
3.3.2	Jadrná krmiva.....	22
<b>3.4</b>	<b>Výživa hřebců</b> .....	<b>24</b>
<b>3.5</b>	<b>Zdroje fosforu</b> .....	<b>25</b>
3.5.1	Kyselina fytová .....	25
3.5.2	Hydrolyza fytátu u monogastrů .....	26
<b>3.6</b>	<b>Fosfor ve výživě koní</b> .....	<b>27</b>
3.6.1	Potřeba fosforu a vápníku .....	27
3.6.2	Stravitelnost fosforu .....	29
3.6.3	Vstřebávání a vylučování fosforu.....	29
3.6.4	Nemoci spojené s metabolismem fosforu.....	30
3.6.5	Endogenní ztráty fosforu .....	31
<b>3.7</b>	<b>Enviromentální dopady fosforu</b> .....	<b>31</b>
3.7.1	Eutrofizace vod .....	31
3.7.2	Problematické sinice .....	33
3.7.3	Hlavní zdroje živin antropogenní eutrofizace vod .....	33
3.7.4	Fosfor jako základní živina eutrofizace sladkovodních ekosystémů	33
3.7.5	Změny v rybničním a jezerním ekosystému .....	34

3.7.6	Snížení dopadů eutrofizace.....	35
3.7.7	Vylučování fosforu v trusu koní .....	36
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1</b>	<b>Odběr a analýza vzorků trusu a krmiva .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2</b>	<b>Metody .....</b>	<b>39</b>
4.2.1	Stanovení sušiny a popelovin.....	39
4.2.2	Stanovení nerozpustného písku .....	40
4.2.3	Stanovení celkového fosforu a vápníku .....	40
4.2.4	Stanovení dusíkatých látek .....	41
4.2.5	Stanovení detergentní vlákniny a ligninu .....	42
<b>5</b>	<b>Výsledky.....</b>	<b>44</b>
<b>5.1</b>	<b>Živinné složení krmiv .....</b>	<b>44</b>
<b>5.2</b>	<b>Živinné složení ve výkalech .....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>50</b>
<b>8</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>51</b>
<b>9</b>	<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>59</b>
<b>10</b>	<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>59</b>
<b>11</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>60</b>
<b>12</b>	<b>Samostatné přílohy.....</b>	<b>I</b>

# 1 Úvod

Výživa koní se v posledních letech zaměřuje zejména na správnost sestavení krmných dávek, které zajistí zdraví a pohodu koně. Krmná dávka domestikovaných koní je ovlivněna různými vnitřními a vnějšími faktory. Mezi tyto faktory se řadí věk, plemeno, využití koně a prostředí. V důsledku toho může být pro mnoho majitelů koní problém poskytnout svým koním správnou a vyváženou krmnou dávku. Majitelé v současné době koně krmí převážně krmnými směsmi píce, předmíchaných koncentrovaných krmiv a přídatkem minimálně jednoho doplňku. Počet využívaných doplňků se může zvýšit v závislosti na sportovním využití koně. Nadměrná suplementace může vést k nadměrnému příjmu minerálů. Mezi minerály přijímané v nadbytku se řadí i fosfor.

Fosfor představuje přibližně 1 % tělesné hmotnosti koně, přičemž většina se nachází v kostech ve formě hydroxyapatitu. Fosfor je důležitý například pro svalovou kontrakci, neurologické funkce, enzymatickou aktivitu, transport elektrolytů a genovou transkripci. Vyvážená krmná dávka pro koně by měla obsahovat mimo jiné správný poměr fosforu a vápníku. Mezi krmiva s relativně vysokým obsahem fosforu se řadí zrna obilnin, extrahované šroty a doplňky krmiv s obsahem anorganického fosforu. Nadměrný příjem fosforu nemá negativní dopad jen na zdraví koně.

V posledních letech se stále častěji objevují obavy ohledně znečištění životního prostředí. Fosfor patří mezi znečišťující látky a zároveň se jedná o neobnovitelný zdroj. Anorganický fosfor se běžně přidává do krmiv pro koně, aby byl zajištěn jeho dostatečný příjem. Tato praxe však zvyšuje využívání tohoto neobnovitelného zdroje a zároveň může způsobit jeho nadměrné vylučování. Z toho důvodu by měla být věnována větší pozornost maximalizaci účinnosti využití fosforu u zvířat a tím i zmírnění dopadů na životní prostředí.

Eutrofizace je problémem mnoha sladkovodních ale i mořských vodních systémů po celém světě. Velká část zemědělské plochy určené pro koně je využívána pro venkovní výběhy. Běžnou praxí je vysoká hustota koní ve výbězích a dovoz krmiva přímo do výběhu. Výkaly nahromaděné ve výbězích často nejsou odstraňovány, což má za následek hromadění živin v půdě. Vysoké koncentrace fosforu na malé ploše mohou významným způsobem přispívat k zátěži životního prostředí.



## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

### **Hypotéza**

Množství fosforu v krmné dávce plemenných hřebců nebude převyšovat jeho faktickou spotřebu a nezvýší tak dopad chovu koní na životní prostředí v důsledku nadměrného vylučování fosforu do vnějšího prostředí.

### **Cíl práce**

Cílem diplomové práce bude hodnocení celkového množství fosforu vyloučeného z trusu do vnějšího prostředí a posouzení jeho využitelnosti ze stanovené krmné dávky. Práce se bude zabývat nutričními potřebami fosforu u hřebců plemene starokladrubský kůň chovaných v Národním hřebčíně Kladruby nad Labem.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Trávicí ústrojí koně

Koně jsou klasifikováni jako nepřezvýkaví býložravci (Dušek 2007). Trávicí ústrojí je po anatomické a fyziologické stránce vyvinuto pro kontinuální příjem krmiva, které je bohaté na vlákninu a obsahuje málo škrobu. Při současném managementu, technice krmení a složení krmné dávky koní, je zvýšené riziko vzniku gastrointestinálních onemocnění (Durham & White 2007).

Trávicí soustava se skládá z dutiny ústní, hltanu, jícnu, žaludku, tenkého střeva, slepého střeva, tlustého střeva a konečníku. Na trávení se podílejí i játra. Tyto ústrojí umožňují existenci jedince, jeho vývoj, růst, reprodukci a uplatnění jeho produkčních schopností (König & Liebich 2007). Krmivo v trávicím traktu nezůstává dlouhou dobu. Po opuštění žaludku vstupuje do tenkého střeva. Zde se pomocí enzymů většina krmiv tráví na malé částice, které jsou absorbovány do krevního řečiště. Střevní nervový systém je tvořen vnitřními dostředivými neurony, stoupajícím a klesajícím množstvím interneuronů a motorickými neurony (Geor et al. 2013).

K dostatečné úhradě stavebních a energetických potřeb organismu, je zapotřebí stálý přísun látek, nezbytných pro správné fungování organismu. Přijaté krmivo je nejprve mechanicky zpracováno a podrobno trávicím procesům. Krmivo je rozloženo na základní stavební jednotky, které jsou schopné přechodu do krve a lymfy. Nestrávené zbytky pak odchází z těla v podobě výkalů (König & Liebich 2007).

#### 3.1.1 Dutina ústní

Dutina ústní je nejkranialnější částí trávicí soustavy, kde je přijímáno krmivo a probíhá zde začátek mechanického trávení (Reece 2011). Přijaté krmivo se dostává pomocí pysků do dutiny ústní, zde dochází k úpravě přijatého krmiva na menší částice o velikosti 1,6 mm. Zvětšení povrchu přijatého krmiva umožňuje snadnější chemickou a mikrobiální degradaci (Frape 2013).

V dutině ústní dochází i k proslinění sousta. Sliny mají za účel zvlhčit a změkčit krmivo a napomáhat k udržení správného pH trávicího traktu. Sliny jsou produkovány podčelistními, příušními a podjazykovými slinnými žlázami. Obsahují hydrogenuhličitan (bikarbonát) a vyrovnávají kyselost v žaludku. Tvorba slin je u koní stimulována příjmem potravy a žvýkáním. Čím vyšší je obsah sušiny v krmivu, tím je vylučováno více slin. Denní produkce slin u koně činí 20 až 40 l v závislosti na konzistenci krmiva. Kůň žvýká krmivo delší dobu a dokonaleji než přežvýkavci (Jelínek & Koudela 2003).

Jazyk je silný sval vyztužený chrupavkou. Slouží k prohmatávání a posouvání sousta v dutině ústní. Obsahuje papily, pomocí kterých je kůň schopen vnímat slanou, sladkou, hořkou a kyselou chuť (Frape 2013).

Tab.č. 1: Čas potřebný k sežrání 1 kg krmiva koněm - 500 kg ž. hm. (Zeman et al. 2005)

Krmivo	Forma úpravy	Doba žraní 1 kg krmiva v minutách
<b>Šťavnatá krmiva</b>		
Kukuřičná siláž		10
Tráva		13
Travní siláž		46
Vojtěšková siláž		46
<b>Objemná krmiva</b>		
Luční seno	dlouhá stébla	40
	granule	10
Sláma	dlouhá stébla	45
	řezanka	40
<b>Krmné směsi</b>		
Oves	celé zrno	10
Oves černý	celé zrno granulované	7
Krmná směs	granule 8 mm	10
Oves + 20% řezanky sena		20

### 3.1.2 Hltan, jícen a žaludek

Krmivo je z dutiny ústní transportováno hltanem a jícnem do žaludku. Hltan je trubice spojující dutinu ústní s jícnem. Hltan se nachází mezi hrtanem a kořenem jazyka. U hltanu se rozlišuje ústní, nosní a hrtanová část. Při průchodu hltanem je potravě zabráněn vstup do hrtanu a nosních dutin.

Jícen je dutá roztažitelná svalová trubice. U dospělých koní je dlouhý od 125 do 200 cm v závislosti na velikosti zvířete. Skládá se z krční, hrudní a břišní části. Stěna jícnu se skládá ze čtyř vrstev (vazivové, svalové, submukózní a sliznice). Svalové vrstvy příčně pruhovaného svalstva přecházejí v hladkou svalovinu. Hladká svalovina umožňuje vznik peristaltických vln (Blikslager & Wilson 2019)

Žaludek koně má objem 8-15 litrů. Koňský žaludek je jednodukomorový a motorická činnost žaludku je poměrně malá. Sousto vstupuje do žaludku přes česlo, jehož uzavření a otevření je řízeno svěračem. Žaludek koně je rozdělený na žláznatou a bezžláznatou část. V přední části (bezžláznaté) nedochází k produkci žaludeční kyseliny. Ve žláznaté části dochází k nepřetržité produkci kyseliny chlorovodíkové a pepsinogenu, který je v kyselém prostředí aktivován na pepsin. Pepsin je využíván ke štěpení bílkovin. Žaludek koně má nestejněmorné pH. Produkce žaludeční šťávy se u koně pohybuje okolo 28 litrů za den. Obsah kyseliny chlorovodíkové v žaludeční šťávě je 0,15 %. V bezžláznaté části žaludku je vysoká činnost mikroorganismů. Při rychlém naplnění žaludku se může žaludeční šťáva dostat do bezžláznaté části žaludku, kde může způsobovat žaludeční vředy (Stubbs 2015)

### 3.1.3 Tenké střevo

Tenké střevo činí přibližně 28 % z celkového objemu trávicího traktu koně a skládá se ze tří částí (dvanáctníku, lačnicku a kyčelníku). Hlavní funkcí tenkého střeva je enzymatická destrukce přijatého materiálu a vstřebávání. Koně v tenkém střevě tráví a vstřebávají cukry, škrob, protein (štěpený již v žaludku) a tuky. Tuky tráví na mastné kyseliny a přeměňují bílkoviny na aminokyseliny. V tenkém střevě dochází k absorpci vitamínů rozpustných v tucích (A, D, E, K), vápníku a fosforu (König & Liebich 2007).

Do tenkého střeva ústí vývod pankreatu a žlučovodu. U koně není žlučník vyvinut a žluč se tvoří v jaterních buňkách nepřetržitě. Žluč je odváděna žlučovými kapilárami do dvanáctníku. Žluč je důležitá pro emulgaci tuků. Pankreatická šťáva, která je vylučována slinivkou břišní, je bezbarvá čirá tekutina. Pankreatická šťáva obsahuje malé množství trávicích enzymů. Trávicí enzymy se tvoří v Lieberkühnových kryptách a Brunnerových žlázách. Krypty mají trubicovitý tvar a do střeva ústí mezi klky sliznice. Při trávení jsou důležitá i játra, pomocí kterých dochází k produkci a vylučování moči a odstraňování odpadních látek (Stubbs 2015). Na konci tenkého střeva je vylučován bikarbonát, který může částečně zneutralizovat kyseliny, které vznikají ve slepém střevě (Davies 2009).

### 3.1.4 Tlusté střevo

U koní je tlusté střevo velmi mohutně vyvinuto a skládá se ze tří částí, které mají odlišnou funkci. Jedná se o slepé střevo, tračník a konečník. V tlustém střevě dochází k chemickému a biologickému trávení živin (Jelínek & Koudela 2003).

Uspořádání tlustého střeva umožňuje zpracování nestrávené vlákniny a přeměnu na mastné kyseliny (octová, propionová a máselná). Přeměna vlákniny probíhá ve slepém střevě za pomoci mikrobiální fermentace. Mastné kyseliny procházejí přes stěnu tlustého střeva do krve, organismus je využívá jako doplňující energetický zdroj. Výtěžnost této činnosti ale není taková jako u přežvýkavců. V tenkém střevě dochází z 80-90 % k úplnému využití sacharidů, které slouží k výživě a rozmnožování bakterií, které jsou pro zpracování vlákniny nezbytné. Další produkty mikroorganismů mohou být kyselina mléčná, amoniak, vitamíny rozpustné ve vodě (vitamíny skupiny B), vitamín K. V tlustém střevě dále probíhá resorpce vody, absorpce soli, vápníku a fosforu (Davies 2009).

Pro koně je také důležité složení mikrobiomu, které závisí na druhu přijímaného krmiva. Významný je poměr bakterií produkujících těkavé mastné kyseliny a kyselinu mléčnou (Davies 2009). Při dietě obsahující vysoké množství jadrných krmiv, které mají obsah škrobu nad 30 %, dochází k větší tvorbě kyseliny mléčné. Vysoké množství kyseliny mléčné má za následek snížení pH a s tím spojené riziko vzniku laminitidy nebo koliky (Harlow et al. 2016).

Doba pasáže krmiva v tlustém střevě se u koně pohybuje v rozmezí 15-36 hodin z důvodu pomalejší peristaltiky. Zbytky potravy jsou pomocí stahů kruhové svaloviny posouvány ze slepého střeva přes velký tračník do malého tračníku. V malém tračníku se vstřebává voda a zbytky tráveniny se zahušťují. Po zahuštění se nestrávené zbytky potravy

přesunují do konečníku. Nestrávené zbytky potravy vycházejí z těla řitním otvorem (Stubbs 2015).

## **3.2 Živiny ve výživě koní**

Živiny jsou biologické sloučeniny, které jsou základem výživy zvířat a jsou nepostradatelné k zajištění základních životních procesů. Živiny jsou získávány z krmiva. Potřeba jednotlivých živin je variabilní a je ovlivněna věkem, hmotností a pracovním využitím koně (Pagan 2004).

### **3.2.1 Voda**

Voda je nepostradatelná pro přežití zvířete. Voda tvoří až 66 % v těle koně. Příjem vody je nezbytný pro trávení a transport krmiva trávicím traktem (Cunha 2012). Příjem vody ovlivňuje celkové zdraví koně. Potřeba vody je ovlivněna mnoha faktory a mění se v závislosti na věku, zdravotním stavu, množství a typu přijatého krmiva a pracovním využitím zvířete. Koním by měla být podávána voda zdravotně nezávadná, která má teplotu od 8 do 15 °C. Nejvyšší potřebu vody mají klisny v laktaci. Pro dospělého koně je potřeba vody 3-10 l/100 kg živé hmotnosti (Pagan 2004). Teplota prostředí, sportovní využití a laktace zvyšují příjem vody. Ke ztrátám vody dochází pocením, dýcháním, močí a výkaly (Cunha 2012).

### **3.2.2 Energie**

Energie je u koní udávána v jednotkách SEk (stravitelná energie koní). Krmiva, která jsou rozkládána pomocí mikrobiální činnosti v tlustém střevě, mají nižší energetickou hodnotu oproti krmivům, která jsou trávena v tenkém střevě. Pro zajištění základních funkcí organismu je potřebná záchovná energie. Potřeba energie u koní je 1,5-2,5 % z živé hmotnosti koně (Meyer & Coenen 2003)

Energie je získávána ze sacharidů (celulóza, škrob, cukry), olejů a tuků. Celulóza uvolňuje energii pomalu a pro koně je velmi důležitá. Škrob se vyskytuje v zrnech a leguminózách. Cukry jsou dobře rozpustné a nachází se v zrnu, šťavnaté zelené píci, melase, jablkách či mrkvi. Kůň může využívat k produkci energie bílkoviny. Tento proces je méně efektivní než využití sacharidů a tuků (Frape 2013).

### **3.2.3 Tuky**

Tuky jsou estery vyšších mastných kyselin a alkoholů nebo jejich derivátů. Řadí se mezi nejkonzentrovanejší zdroj energie. Obsahují více než dvojnásobné množství energie než bílkoviny nebo sacharidy. Pro koně nejsou tuky typickou složkou krmiva. Při zařazení tuků do krmné dávky dochází ke zlepšení využití a koncentrace energie v organismu. Tuk je využíván přímo na energii, může se ukládat do tukové tkáně nebo pod kůži, či v okolí orgánů. Uložen může být i přímo do svalů jako zdroj energie.

Do těla se dostávají ve formě neutrálního tuku, fosfolipidů, cholesterolu a jeho esterů. Rozklad a absorpce tuků probíhá v počátečním úseku tenkého střeva. Tuky jsou emulgovány žlučovými kyselinami a působením lipázy štěpeny na mastné kyseliny a monoglyceridy. Využití energie z rostlinných tuků se pohybuje v rozmezí od 80 % do 90 %, zatímco u sena nebo jaderného krmiva je využito od 60 % do 70 % energie. Obsah tuku v krmných obilninách se pohybuje okolo 2 % až 3,5 % tuku. Energie získaná z tuků a olejů je u koně uvolňována pomalu. Bez minimálního množství tuků by nebylo možné vstřebávání vitamínů rozpustných v tucích nebo termoregulace těla a ochrana některých orgánů. Při přidávání tuků do krmné dávky je sledován poměr n3 a n6 polynenasycených mastných kyselin, které si není organismus schopen vytvořit sám a musí být přijímány spolu s potravou (Meyer & Coenen 2003).

### 3.2.4 Bílkoviny

Bílkoviny jsou důležité pro regeneraci a růst. V organismu jsou potřebné pro svaly, šlachy, nervy a při syntéze hormonů a enzymů. Bílkoviny se řadí mezi dusíkaté látky. Bílkoviny jsou vysokomolekulární sloučeniny, jejichž monomerními jednotkami jsou aminokyseliny (Jeroch et al. 2006).

Nejvýznamnější jsou esenciální aminokyseliny, které si kůň není schopen vytvořit. Nejdůležitější aminokyseliny pro koně jsou lyzin, treonin a methionin. Mezi esenciální aminokyseliny se řadí methionin, valin, arginin, fenylalanin, tryptofan, izoleucin a leucin. Pro bílkoviny je nejdůležitější jejich aminokyselinové složení. Ideální bílkovina obsahuje všechny esenciální aminokyseliny v potřebném poměru. U koní je limitující aminokyselinou lyzin a methionin (Frape 2013).

### 3.2.5 Sacharidy

Sacharidy tvoří nejvyšší podíl z organické hmoty rostlin a řadí se mezi hlavní zdroje energie. Sacharidy se dělí na monosacharidy, disacharidy a polysacharidy. Monosacharidy se dělí na glukózu, fruktózu, galaktózu a ribózu. Mezi disacharidy se řadí laktóza, sacharóza a maltóza. Disacharidy se v trávicím traktu pomocí hydrolýzy štěpí na monosacharidy a jsou tak lépe stravitelné. Mezi polysacharidy patří celulóza, glykogen a škrob (Jeroch et al. 2016).

V jaderných krmivech se nachází nestrukturální polysacharidy, mezi které se řadí škrob. Škrob je degradován hydrolýzou na glukózu, která přes střevní stěnu vstupuje do krevního oběhu. Po zvýšení koncentrace glukózy v krvi je stimulováno vyplavení inzulínu. Pomocí inzulínu je glukóza přepravována do tělesných tkání. Při nadbytku glukózy dochází k jejímu ukládání ve formě glykogenu do jater a svalů. Glykogen je možné zpětně degradovat na glukózu, kterou lze využít jako pohotovostní zdroj energie.

V seně se nachází strukturální sacharidy. Celulóza, hemicelulóza a lignin se nachází v buněčných stěnách rostlin. Trávení strukturálních sacharidů je možné pomocí mikroorganismů v tlustém střevě. Výsledným produktem tohoto rozkladu jsou těkavé mastné kyseliny. U koní je celulóza stravitelná ze 40 %, hemicelulóza z 50 % a lignin je téměř nestravitelný (Briggs 2014).

### 3.2.6 Vitamíny

Vitamíny patří mezi organické sloučeniny. Všechny vitamíny mají rozdílnou strukturu a funkci. Vitamíny jsou potřebné v malých dávkách a plní mnoho důležitých funkcí v koňském těle. Bez vitamínů by koně nemohli růst, pracovat nebo se rozmnožovat. Při suplementaci vitamínů v krmné dávce, je důležité poskytnout koni adekvátní množství a nedodávat vitamíny v nadbytečné míře. Zvýšená potřeba vitamínů může být u sportovních koní ve vysoké zátěži.

Vitamíny se dělí na rozpustné ve vodě a v tucích. Vitamíny rozpustné ve vodě jsou vitamín C, vitamíny skupiny B, thiamin, riboflavin, niacin, cholin, biotin. Vitamíny rozpustné ve vodě se snadno vylučují močí. Vitamíny rozpustné v tucích jsou vitamíny A, D, E, K. tyto vitamíny jsou ukládány v tukové tkáni a játrech. Vitamíny rozpustné v tucích se vstřebávají spolu s tuky z krmiva (Cunha 2012). U vitamínů rozpustných v tucích je možná hypervitaminóza, které lze předejít správným managementem krmení. Absorpce probíhá při dodání potravou v trávicím traktu nebo se vitamíny syntetizují přímo v trávicím traktu (Jeroch et al. 2006).

#### Vitamín A

Vitamín A je důležitý pro zrak, reprodukci, zdravou kůži, srst a správný růst kostí. Nejčastěji je přijímán ve formě provitaminu  $\beta$ -karotenu, který je přítomen v zelené píce (Oke 2010). Přebytek vitamínu A není snadné z organismu vyloučit, z toho důvodu se vysoký příjem provitaminů po delší dobu může projevit špatnou kvalitou kůže a srsti, anorexií, anemií, špatnou funkcí jater a ledvin nebo sníženou pevností kostí (Davies 2009).

#### Vitamín D

Vitamín D je rozlišován ve dvou formách na vitamín D<sub>2</sub> (ergokalciferol) a D<sub>3</sub> (cholecalciferol). Pro vytvoření biologicky aktivního vitamínu D, musí proběhnout aktivace v játrech. Hlavní funkcí vitamínu D je stimulace střevní absorpce vápníku, absorpce vápníku a fosforu v ledvinách, budování kostní hmoty a kalcifikaci osteoblastů (Geor et al. 2013).

#### Vitamín E

Vitamín E (tokoferol) působí jako antioxidant a chrání buněčné membrány. Vitamín E zachycuje volné radikály produkované nenasycenými mastnými kyselinami a tím pomáhá chránit lipidovou dvojvrstvu buněčné membrány. Nejúčinnější formou vitamínu E  $\alpha$ -tokoferol (Zeman et al. 2005). Při jeho nedostatku se snižují pohlavní funkce, může také vzniknout svalová dystrofie. Mezi krmiva nejbohatší na vitamín E patří rostlinné oleje. Obsah a typ vitamínu E v rostlinných olejích se mění v závislosti na druhu oleje. Vitamín E se také nachází v zelené píce, vojtěšce a kvalitním senu (Davies 2009).

## **Vitamín K**

Vitamín K je důležitý pro krevní srážlivost. U zdravých koní nenastává nedostatek tohoto vitamínu, protože je syntetizován mikroorganismy ve střevě (Geor et al. 2013).

## **Komplex vitamínů B**

Vitamíny skupiny B si kůň vytváří pomocí mikrobiální syntézy. Komplex vitamínu B zahrnuje vitamíny B<sub>1</sub> (thiamin), B<sub>2</sub> (riboflavin), B<sub>3</sub> (niacin) a B<sub>12</sub> (kyanokobalamin). Vitamín B<sub>1</sub> hraje roli při metabolismu cukrů. Vitamín B<sub>2</sub> je důležitý pro metabolismus lipidů a proteinů. Vitamín B<sub>3</sub> má vliv na trávicí trakt a kůži a vitamín B<sub>12</sub> je velmi důležitý pro tvorbu erytrocytů (Manthe & Youngs 2013).

## **Vitamín C**

Vitamín C neboli kyselina askorbová nepatří u koně mezi esenciální. Koně disponují enzymem potřebným k syntéze vitamínu C z glukózy. Nadbytek tohoto vitamínu v krmné dávce může způsobovat potlačení endogenné syntézy a s tím spojené problémy (Hinchcliff et al. 2008).

### **3.2.7 Minerální látky**

Minerální látky patří mezi anorganické látky, které jsou nezbytné pro všechny biologické procesy v organismu. Minerály dělíme na mikroprvky a makroprvky a koně by měli dostávat jejich vyvážený poměr v krmivu. Mezi makroprvky se řadí Na, K, Ca, S, P a mezi mikroprvky patří Fe, Cu, Co, Ni, Se. Potřeba závisí na plemeni, tělesné hmotnosti, věku, klimatu, zdravotním stavu, výskytu parazitů, poruchách trávení a sportovním využití.

Minerály jsou aktivními účastníky biochemických reakcí, ke kterým dochází v těle. Účastní se přenosu energie, nervových vzruchů a svalových kontrakcí. Minerální látky podporují růst kostí, zdraví kopyt, srsti a výkonu. Nacházejí se v krmivech a minerálních doplňcích, které jsou určené pro koně. Při nedostatku minerálních látek dochází v důsledku narušení biochemických procesů k patomorfologickým změnám. Nadměrný příjem minerálních látek vytváří v organismu zásoby a tím může dojít k otravě organismu (Baban et al. 2011).

Při optimálním množství elektrolytů v těle je udržován správný osmotický tlak, rovnováha nervové a svalové aktivity a tekutin. K úbytku elektrolytů dochází při vysoké fyzické aktivitě a nadměrném pocení. K doplnění minerálních látek jsou nejčastěji využívány minerální lizy a minerální doplňky (Frape 2013).



## **Vápník**

Vápník je nepostradatelný při mnoha procesech. Mezi tyto procesy se řadí činnost svalů, srávný vývoj kostí, srážlivost krve, závisí na něm hojení ran, propustnost membrán, zdraví zubů. Vstřebávání vápníku probíhá v žaludku. Absorpce je ovlivněna množstvím fosforu v organismu a poměrem draslíku a sodíku. Při přebytku a současném nedostatku dochází k lámavosti kostí.(Kienzle & Zorn 2006).

## **Hořčík**

Hořčík je přítomen ve všech tkáních a patří mezi hlavní kationty v organismu. V kostře je uloženo až 70 % z celkového množství hořčíku v těle. Hořčík se účastní syntézy tuků, bílkovin a nukleových kyselin. Má vliv na krevní srážlivost a udržuje normální srdeční rytmus. Hořčík je nezbytný pro správný metabolismus vápníku a vitamínu C. Hořčík a vápník působí antagonisticky, při nabytku hořčíku je potlačen efektivní metabolismus vápníku. Zdrojem hořčíku je zelená píce (Lewis 2013).

## **Sodík a draslík**

Sodík je potřebný k regulaci všech tělesných tekutin a k udržování acidobazické rovnováhy. Sodík reguluje krevní tlak, pomáhá udržovat správné pH a reguluje osmotický tlak. Sodík má vliv na transport molekul přes buněčnou membránu (Lewis 2013). Zásadní je poměr sodíku a draslíku, který by měl být 0,5:1. Špatný poměr sodíku a draslíku může mít vliv na přenos nervových vzruchů a smršťování svalových vláken. Nedostek sodíku způsobuje ztrátu chuti, křeče, zpomalení růstu mladých koní. Přebytek sodíku v krmné dávce působí neurotoxicky. Draslík je důležitý pro nervovou a míšňí soustavu. Významně se podílí na metabolismu cukrů. Draslík má vliv na metabolismus ostatních minerálních látek (Kienzle & Zorn 2006)

## **Železo**

Železo je nezbytné pro tvorbu červených krvinek, myoglobinu a hemoglobinu. Vstřebávání železa v tenkém střevě se může zvyšovat pomocí vitamínu C a D. Nadměrné množství železa v krmivu, může vést k selhávání jater a to zejména u mladých koní (Meyer & Coenen 2003).

## **Měď**

Měď je nezbytná pro řádnou funkci enzymů podílejících se na tvorbě pojivové a nervové tkáně, udržení elasticity tkání, mobilizaci zásob železa, zachování integrity mitochondrií a pro správný vývoj kostry (Meyer & Coenen 2003). Důležitý je poměr mědi a zinku 1:3-4 (Brown-Douglas 2009). Měď snižuje výskyt vývojových ortopedických

onemocnění. Při podávání mědi březím klisnám se snižuje incidence ortopedických onemocnění. Při podávání mědi po porodu již hříbata nevykazují zlepšení u ortopedických vad (Pagan 2009). Při nabytku se med' hormadí v koňském těle a může způsobit chronickou otravu. Mezi příznaky nadbytku mědi patří poškození ledvin a poruchy psychiky zvířete (Lewis 2013).

## **Zinek**

Zinek se účastní jako kofaktor pro funkci řady enzymů, které se podílejí na metabolismu sacharidů, tuků a bílkovin. Zinek je důležitý pro regeneraci epitelu kůže a sliznic. Nedostatek zinku má za následek snížení hladiny inzulínu a snížení glukózové tolerance spolu se zvýšenou rezistencí na inzulín a to zejména v periferních tkáních (Meyer & Coenen 2003). Denní doporučená dávka je 40-50 mg/kg (NRC 2007).

## **Jód**

Jód je důležitou složkou hormonů štítné žlázy. Nedostatek nebo naopak nadbytek jódu může způsobovat zvětšení štítné žlázy. Dlouhodobé předávkování jódem může být také příčinou abnormalit ve vývoji kostí. Předávkování jódem může být způsobeno při zkrmování krmiva s vyšším obsahem mořských řas (Frape 2013).

## **Selen**

Selen spolu s vitamínem E chrání buňky před škodlivými peroxidy a aktivuje enzym glutathionperoxidázu (Meyer & Coenen 2003). Selen je úzce spjat s funkcí vitamínu E a mají společný vliv na svalstvo. Selen je důležitý při metabolismu hormonu štítné žlázy (NRC 2007). Nadbytek selenu způsobuje vypadávání srsti a žíní, odrolování rohoviny kopyta. V nadměrných dávkách selen působí akutní nebo chronickou intoxikaci, která může vést ke smrti zvířete (Lewis 2013).

### **3.2.8 Stravitelnost živin**

Stravitelná živina je živina přijatého krmiva, která se nevyloučila s výkaly. Patří sem například tuk, dusíkaté látky, vláknina a bezdusíkaté látky výtahkové. Za stravitelnou živinu považujeme i živinu přeměněnou při mikrobiálním trávení.

Existuje živina bilačně stravitelná a skutečně stravitelná. Bilančně stravitelná živina se zjišťuje, když se obsah živin ve výkalech odečte od obsahu živin v krmivu. Ve výkalech se nachází i živiny metabolického původu, které nepocházejí přímo ze zkoumaného krmiva, ale z organismu zvířete. Jsou to například trávicí šťávy nebo odloupané buňky sliznice. Skutečně stravitelná živina se vypočítá tak, že od živin v krmivu odečteme živiny ve výkalech a živiny metabolického původu.

### **Bilančně stravitelná živina**

= živina v krmivu - živina ve výkalech

### **Skutečně stravitelná živina**

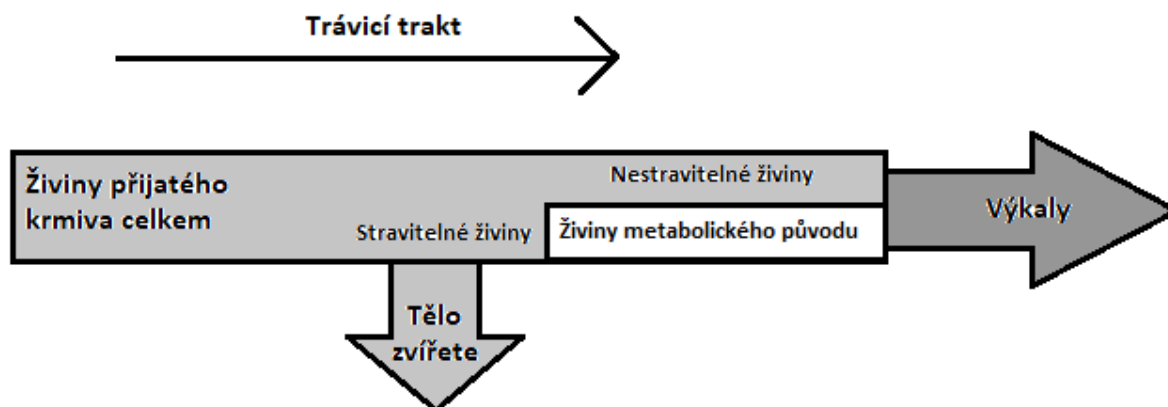
= živina v krmivu - (celkový obsah živiny ve výkalech - živina metabolického původu ve výkalech)

Stravitelnost je rozdělena na skutečnou a zdánlivou. Méně spolehlivé je stanovení zdánlivé stravitelnosti. Existují dva druhy vyloučených živin, část je vyloučena do trávicího traktu a část živin je nestravitelných. Rozdíly u zdánlivé stravitelnosti se projeví, pokud jsou zjištěny endogenní ztráty živin. Endogenní ztráty nevykazují strukturní sacharidy. Naopak u acido-detergentní vlákniny, neutro-detergentní vlákniny nebo hemicelulózy je zdánlivá stravitelnost velmi podobná stravitelnosti skutečné (Zeman et al. 2005). Stanovení zdánlivé stravitelnosti živin je závislé na laboratorní analýze. Laboratorní analýza se týká krmné dávky a výkalů u zkoumané skupiny zvířat. Do analýzy je nutné zahrnout všechna krmiva, která jsou zvířatům podávána. Pomocí laboratorních analýz jsou v krmivech a výkalech stanoveny základní živiny, které jsou následně porovnány.

Stravitelnost živin se stanovuje u vyššího počtu zvířat. U vyššího počtu zvířat jsou výsledky přesnější a spolehlivější. Do pokusu jsou zařazena zvířata zdravá, která nejsou zamořena parazity. Pokus se dělí na přípravné a bilanční období. V přípravném období se z trávicího traktu vyloučí zbytky dříve zkrmovaného krmiva a zároveň si zvířata navykají na novou krmnou dávku. Délka přípravného období záleží na druhu zvířete a složení krmné dávky. Samotné stanovení stravitelnosti probíhá v bilančním období pokusu, trvajícím nejčastěji 5-10 dní. Rozlišuje se stanovení stravitelnosti klasickou nebo indikátorovou metodou. Lze využít i diferenčního stanovení stravitelnosti živin nebo laboratorní zjišťování (metoda *in vitro*). Metoda *in vitro* je náročná a hodnoty zjištěné touto metodou se liší od hodnot stanovených *in vivo*.

Při klasické metodě stanovení stravitelnosti živin je nutné přesné zaznamenávání spotřeby krmiv a množství vyloučených výkalů. Při indikátorové metodě není nutné přesné zjišťování spotřeby krmiv a vyloučených výkalů. Vzorky se odebírají z výkalů nekontaminovaných močí, částčkami krmiva a steliva. Pomocí indikátoru je možné stanovit koeficienty stravitelnosti. Pomocí procentuálního obsahu nestravitelné látky (indikátoru) v krmné dávce a výkalech, lze vypočítat, kolik výkalů se vytvořilo z hmotností jednotky krmiva a jaký je poměr mezi množstvím krmiv spotřebovaných a množstvím vyloučených výkalů. Ve výkalech se vylučuje veškerý přijatý indikátor a z živin jen živiny nestrávené. Indikátorem pro zjišťování stravitelnosti mohou být původní složky krmiva. Přirozeným indikátorem je například popel, lignin nebo methoxylové skupiny. Do krmiva se také mohou záměrně přidat externí indikátory. Z externích indikátorů se používá oxid chromitý, oxid titaničitý, síran barnatý a polyetylenglykol. Přidávané látky musí být nestravitelné, nesmí ovlivňovat trávení, nesmí se zapojovat do metabolických procesů a nijak je omezovat, nesmí být produkovány v trávicím ústrojí, nesmí být rozkládány mikroorganismy nebo ovlivňovat jejich aktivitu.

Zároveň se musí jednat o látky neškodné pro zvířata, které musí být nezaměnitelné se všemi látkami z krmiva a musí být snadno a přesně identifikovatelné (Dvořáčková et al. 2011).



Obr. č. 1: Schéma stravitelnosti živin

### 3.3 Krmiva

Krmiva jsou výživné látky rostlinného, živočišného nebo minerálního původu, které jsou nezbytné pro výživu zvířat. Obsahují výživné a specificky účinné látky, mohou ale obsahovat i toxické látky, které procházejí trávicím traktem bez užitku. Krmiva se navzájem liší například chemickým složením, výživnou hodnotou, rozdílnými fyzikálními a dietetickými vlastnostmi a odlišnou stravitelností. Krmiva se třídí podle fyzikálních vlastností, chemického složení, podle původu, způsobu výroby a podle obsahu živin (Dušek 2011).

Hygienický stav krmiv je zásadní pro udržení zdraví a užitkovosti zvířat. Krmiva uhrazují denní potřebu živin, jsou nezbytná k zachování života zvířat a jsou zdrojem energie a síly. Krmiva mohou příznivě nebo nepříznivě ovlivňovat zdravotní stav zvířat, trávení, konzistenci výkalů, průběh porodu apod. (Glatter et al. 2021).

Býložravá zvířata přijímají potravu složenou z objemných a koncentrovaných krmiv. Objemná složka potravy je tvořena krmivy s vysokým obsahem celulózy a obecně jsou tato krmiva málo stravitelná. Koncentrovaná krmiva jsou především semena rostlin a většina jejich vedlejších produktů. Koncentrovaná krmiva jsou lépe stravitelná než objemná krmiva (Reece 2011).

#### 3.3.1 Objemná krmiva

Objemná krmiva tvoří hlavní část krmných dávek pro koně. Objemná krmiva obsahují v 1 kg sušiny nižší koncentraci živin, vyšší obsah vody a vyšší obsah vlákniny. Vlákna je důležitá pro správnou funkci trávicího traktu, napomáhá udržovat optimální pH (Zeman et al 2005).

Mezi objemná krmiva se řadí seno, které hraje významnou roli ve výživě koní. Výživná hodnota objemných krmiv může velmi kolísat v závislosti na botanickém druhu zkrmovaných rostlin, na jejich fenologické fázi při sečení, na složení půdy, na hnojení, na kvalitě zpracování a uskladnění. Objemná krmiva mohou obsahovat látky, které snižují jejich stravitelnost. Mezi

tyto látky patří lignin, fytáty a oxaláty, které ovlivňují využití vápníku. Mezi objemná krmiva se dále řadí zelená píce, okopaniny, siláž, senáž a sláma (Pagan 2012).

## **Seno**

Seno je součástí základní krmné dávky pro koně. Seno působí velmi příznivě na trávicí procesy a snižuje negativní účinky vysokých dávek jaderných krmiv. K negativním účinkům vysokých dávek jaderných krmiv se řadí koliky, laminitida, žaludeční vředy a inzulinová rezistence.

Cílem výroby kvalitního sena je uchování co největšího množství živin, vitamínů, energie a zajištění dobré stravitelnosti organické hmoty. Obsahuje významné zdroje vitamínu D a beta-karotenu. Při zkrmování kvalitního sena lze uhradit až 50 % potřeby minerálních látek, ale také energie a stravitelných dusíkatých látek. Vzhledem k povaze výrobního procesu a podmínkám prostředí v době sklizně je seno náchylné ke kontaminaci bakteriemi, plísněmi, spory hub, organickým prachem, fragmenty hmyzu, které mohou mít na koně alergenní dopad. Absorpce malých částic může způsobit přecitlivělost v plicích koní, což může vést k respiračním onemocněním, jako je astma koní (Glatter et al. 2021)

Luční porost by se měl sklízet nejpozději v době metání. Pozdní sklizně mají za následek snížení biologické hodnoty krmiva. Seno vysoké kvality se vyznačuje obsahem vlákniny pod 28 % a stravitelností nad 70 %. Barva kvalitního sena je olivově až tmavě zelená, nebo s mírnou odchylkou od tohoto odstínu. Kvalitní seno má mít typicky sennou aromatickou vůni, mělo by být bohatě olistěné a na pohmat měkké (Zeman et al. 2005).

## **Zelená píce**

Pastva a zkrmování zelené píce je nejpřirozenějším způsobem krmení koní. Živinová hodnota pastvin se odráží od botanického složení, půdě, klimatu a hnojení. Nejvýživnější trávy pro koně jsou kostřava rákosovitá a červená, lipnice luční, psineček tenký a kříženci jílků. Jeteloviny jsou lehce stravitelné, bohaté na bílkoviny, minerální látky a to zejména hořčík a vápník (Frape 2013).

Dobrá údržba pastvin je nezbytná pro zachování výživné hodnoty porostu. Pastviny by se měly pravidelně sekat a hnojit. Sečením lze zamezit rozvoji nežádoucích druhů rostlin. Udržované pastviny, které obsahují vhodné druhy trav, mohou zajistit většinu nutričních potřeb koní. Zelená píce obsahuje vitamíny A, D, E, K a některé vitamíny skupiny B. Při nadměrném krmení šťavnatým krmivem může dojít k nadměrné tvorbě plynů a mohou se objevovat kolikové příznaky.

U sportovních koní se nedoporučuje zkrmovat zelenou píci ve větším množství. Zelená píce neobsahuje dostatek stravitelné vlákniny, aby poskytla dostatečný zdroj energie pro sportující koně. Dále může způsobovat přetížení trávicího ústrojí, snížení činnosti dýchacího ústrojí a následný nástup únavy a zvýšené pocení. Důležitá je také endoparazitologická kontrola pastvin. Negativní vliv endoparazitů se projevuje na zhoršeném zdravotním stavu

a zvláště pak ve snížené výkonnosti napadených jedinců. Parazitární onemocnění postihují převážně trávicí, dýchací a pohlavní ústrojí koně. Napadení koně hubnou, mají špatnou srst a mohou trpět kolikami. Při zkrmování zelené píce přímo ve stáji, musí být krmení čerstvé, aby se vyloučilo zapaření a tvorba dusitanů (Dušek 2011).

## **Sláma**

Sláma se řadí mezi nízkoenergetická krmiva s vysokým obsahem vlákniny a nízkou koncentrací živin. Sláma má nízkou stravitelnost. Obsah vitamínů a minerálů je u slámy nízký. Sláma může mít nízkou hygienickou kvalitu, tj. obsahuje plísně, mezofilní bakterie, aktinomycety, které jsou spojovány se zdravotními problémy. U koní je nevíce využívána sláma ovesná a ječná. Vysoké dávky slámy mohou způsobovat obstipaci tlustého střeva (Janson et al. 2021)

## **Okopaniny**

Krmné okopaniny patří mezi šťavnaté krmivo. Řadí se mezi lehce stravitelné glycidové krmivo s nízkým obsahem vlákniny. Lehce stravitelný škrob a cukry slouží jako pohotová energie. Mezi základní okopaniny patří brambory, krmná řepa, cukrovka a mrkev. Okopaniny v krmné dávce zlepšují trávení a využití živin organismem. Mezi další pozitivní účinky okopanin patří zvýšení chutnosti krmné dávky.

Zkrmované okopaniny musí být vždy čisté, oprané, nesmí být nahnilé, namrzlé nebo s výskytem klíčků. Krmné brambory by měly být před podáváním zpařené a využívají se zejména u pracovních a tažných koní. Cukrová krmná řepa obsahuje vysoké množství cukru a její stravitelnost se pohybuje okolo 85 %. Mrkev má výborné dietetické účinky a pro koně je velice chutná. Využívá se pro všechny kategorie koní (Dušek 2011). Krmná řepa se zkrmuje převážně strouhaná v množství 2-5 kg, v závislosti na pracovním využití koní. Krmná cukrová řepa se využívá jako zdroj pohotové energie u těžce pracujících koních při odpovídající dávce objemného krmiva (Meyer & Coenen 2003).

### **3.3.2 Jadrná krmiva**

Jadrná krmiva mají vyšší obsah energie než objemná krmiva. Jadrná krmiva jsou užitečným doplňkem výživy koní, kteří si nejsou schopni udržet tělesnou kondici jen za pomoci objemných krmiv. Obsahují vysoké koncentrace základních organických živin s nízkým podílem hrubé vlákniny. Biologická hodnota bílkovin je nízká.

Jadrná krmiva se rozdělují na statková a průmyslová. Na trhu existuje celá škála vyvážených krmných směsí pro různé kategorie koní. Chovatelé si mohou namíchat svou vlastní krmnou dávku, která se nejčastěji skládá z obilovin, jako je oves a ječmen. Do vlastní krmné dávky lze použít i kukuřice.

## Oves

Oves se využívá ve výživě koní pro svou chutnost, stravitelnost a nutriční vlastnosti. Má vysoký obsah dusíkatých látek (11,5 %), vlákniny (11-16 %) a tuku (5 %). Oves má dobré dietetické vlastnosti a obsahuje vysoké množství nenasycených mastných kyselin a slizových látek, které působí příznivě v trávicím traktu. Pro zlepšení využitelnosti živin se oves zkrmuje mačkaný. Oves lze dále upravovat drcením, lisováním nebo odstraněním slupky. Možností je také zkrmování ovsu nahého, který obsahuje méně vlákniny (Meyer & Coenen 2003).

## Ječmen

Ječmen má vysokou biologickou hodnotu a je tvrdší než oves. Z toho důvodu by měl být upravován mačkáním nebo šrotováním. Zrna ječmene by měla být tepelně upravená, čímž se změní fyzikální složení škrobu a zlepšuje se tedy stravitelnost. Oproti ovsu má vyšší energetickou hodnotu (Zeman et al. 2005). Koňmi je ječmen obecně hůře přijímán a jeho využití je vyšší v krmných směsích. Nevýhodou ječmene je nízký obsah esenciálních aminokyselin, hlavně lyzinu. Ječmen u koní zvyšuje spíše přírůstkovou hmotnost než výkon. Při vysokých dávkách může ječmen způsobovat zažívací potíže (Dušek 2011).

## Kukuřice

Kukuřice má nízký obsah bílkovin a vlákniny. Kukuřice má vysoký obsah škrobu a řadí se mezi vysoce energetická krmiva. Kukuřice by měla být upravována pomocí extruze, šrotování nebo vločkování. Celá zrna jsou pro koně špatně stravitelná. Kukuřice je využívána zejména v krmných směsích (Meyer & Coenen 2003).

## Olejniny

Využívání olejin ve výživě koní roste. Obsahují více čisté energie než obiloviny a neobsahují škrob a cukr. Rostlinné oleje by měly být do krmných směsí přidávány pomalu, z důvodu možného vzniku zažívacích potíží. U sportovních koní je zařazení olejů do krmné dávky v množství 5-8 % z celkové krmné dávky (Davidson & Harris 2007).

Lněné semínko se často využívá jako doplněk stravy pro koně. Mezi aktivní složky patří omega-3 mastné kyseliny, fytoestrogeny, flavonoidy a lignany. Lněné semínko má dobré laxativní účinky díky obsahu mukózních látek. Přidání lněného semínka do krmiva pomáhá při udržování zdravé srsti z důvodu změn v profilu mastných kyselin v mazu, který je vylučován mazovými žlázami. Lněné semínko by se koním mělo podávat pouze tepelně upravené. K tepelné úpravě se využívá vaření nebo extruze. Při tepelném zpracování dochází ke zničení enzymu lináza, který uvolňuje z glykosidů kyanovodík (Elghandour et al. 2018).

## Krmné směsi

Krmné směsi obsahují jaderná krmiva a další rostlinné komponenty, které jsou obohaceny o minerální a vitamínové doplňky. Nejčastěji se využívají obiloviny, luštěniny, mlýnské odpady a odpady tukového průmyslu. Krmné směsi jsou u koní využívány jako doplňková krmiva. Krmné směsi mohou být doplněny o melasu. Melasa je využívána jako pojivo a působí jako zchutňující složka ostatních komponentů. Komerčně vyráběná krmiva mají specifická doporučení ohledně krmné dávky. Denní dávka, která je obvykle založená na hmotnosti koně a na jeho fyziologickém stavu, by měla být uvedena na etiketě (Zeman et al. 2005).

### 3.4 Výživa hřebců

Výživa patří k nejdůležitějším faktorům, které ovlivňují reprodukci koní. Výživa ovlivňuje funkci organismu, vývoj jedince a jeho výkon. Důležité je nejen krmivo ale i technologie krmení. Základem výživy jsou živiny, které kůň využívá pro výstavbu vlastní tělesné hmoty, k výkonu a k tvorbě potřebné energie.

U hřebců je výživou ovlivněna i kvalita spermatu, která patří mezi hlavní faktory při určování míry zabřeznutí u klisen. Kvalitu spermatu také ovlivňuje management chovu, funkce varlat, věk a celkový zdravotní stav (Ruiz et al. 2021). Složení diety hřebců by mělo odpovídat jeho potřebám. Podvýživa potlačuje funkci gonád. Při dlouhodobé podvýživě může u hřebců dojít ke zhoršení celkového zdravotního stavu a zhoršení kvality spermatu. Správné sestavení krmné dávky ovlivňuje jak kvalitu spermií, tak jejich fertilizační schopnost. Živiny by neměly být v nedostatku nebo přebytku vůči ostatním živinám. Základem krmné dávky by mělo být kvalitní seno, doplněné o jaderná krmiva. Krmiva by měla být nezávadná. Neměla by obsahovat plíseň nebo jiné vady (Zeman et al. 2005).

Nejčastěji využívané systémy pro sestavování krmných diet u koní jsou metody NRC a francouzské INRA. V obou systémech jsou nutriční požadavky odvozeny především od koní využívaných ke sportu. Během období rozmnožování jsou však požadavky na živiny ovlivněny reprodukční aktivitou (Mantovani et al. 2011).

Plemenný hřebec potřebuje 40 gramů surového proteinu na mega joule stravitelné energie. Zvýšený nebo snížený příjem proteinů má za následek sníženou kvalitu spermatu. U proteinů je důležitý poměr a množství esenciálních aminokyselin, které si tělo neumí vytvořit samo a musí být dodány vhodnou dietou. Vlákna ovlivňuje stravitelnost živin a zároveň produkční účinnost krmné dávky, dodává pocit nasycení a podporuje peristaltiku trávicího traktu. Pro hřebce jsou v krmné dávce důležité minerální látky a vitamíny. Minerály vytvářejí vhodné prostředí pro činnost enzymů, vitamínů, hormonů a působí na osmotický tlak. Pro tvorbu ejakulátu je důležitý poměr fosforu, vápníku, draslíku, sodíku a hořčíku. Neméně důležité jsou pro organismus hřebce i vitamíny. Potřeba vitamínů je závislá na věku, pracovním zatížením a stresu hřebce (Cunha 2012).



Vliv na kvalitu ejakulovaných spermií z hlediska množství a pohyblivosti má leptin. Hladina leptinu ovlivňuje hmotnost varlat a semenotvorných tubulů a dále tloušťku buněk epitelu semenotvorných tubulů a spermií (Goumenou et al. 2003) Při spermatogenezi je důležitý růstový hormon. V důsledku špatného managementu krmení může dojít ke snížení produkce růstového hormonu, celkové poruše fyziologického růstu zvířete a snížení produkce i životaschopnosti spermií (Servaraju et al. 2012).

Ke zvýšení životaschopnosti spermií a celkového množství semenné plazmy může dojít při doplnění stravy o antioxidanty. Tuto schopnost mají vitamín E, selen (Contri et al. 2011) a koenzym Q10 (Ruiz et al. 2021). Inzulin Like Growth factor-1 (IGF-1) je důležitý pro zrání a pohyblivost spermií (Servaraju et al. 2012). Při přidání polynenasycených mastných kyselin dochází ke zlepšení kvality spermatu. Sperma je tekutější a zlepšuje se i možnost chlazení a zmrazení odebraného spermatu (Rodrigues et al. 2017).

### **3.5 Zdroje fosforu**

Příjem dostatečného množství fosforu v krmné dávce je při běžném managementu krmení koní zajištěn. Fosfor je v krmné dávce koní dodáván krmivou rostlinného původu. Mezi přirozené zdroje fosforu patří vegetativní části rostlin, extrahované šroty a otruby.

Koně tráví i fytátový fosfor, který je obsažen hlavně v obilovinách a produktech z obilí (Meyer & Coenen 2003). Fosfor je v koňských dietách zastoupen ve dvou formách (organická a anorganická forma). Průměrně dvě třetiny celkového fosforu v jadrných krmivech jsou tvořeny organickým fosforem nebo fytátem. V menší míře se nachází i v objemných krmivech (Warren et al. 2013). Anorganický fosfor se nachází v objemných krmivech a v menší míře i v jadrných krmivech (Toribio 2011). Z objemných krmiv je nejvyšší obsah fosforu ve vojtěškovém senu. Vysoký obsah fosforu je také v lupině, slunečnici a v pšeničných otrubách. Množství obsaženého fosforu v rostlinách je ovlivněno věkem plodiny v době sklizně (Fowler et al. 2015).

Při nedostatečném pokrytí fosforu v krmné dávce může být dodáván i anorganický fosfor ve formě krmného doplňku. Anorganický fosfor je doplňován ve dvou formách, a to monokalciem fosfát (21 % fosforu a 16 % vápníku) a dikalcium fosfát (15 % fosforu a 26 % vápníku). Mezi další zdroje se pak řadí fosforečnany (Selle & Ravindran 2007).

#### **3.5.1 Kyselina fytová**

Kyselina fytová je přirozeně vznikající sloučenina v buňkách a v rostlinných vlákninách. Má významné antioxidační vlastnosti. Kyselina fytová se vyskytuje především v luštěninách, olejninách a cereáliích. Tvoří nerozpustné komplexy s minerálními látkami, čímž snižuje jejich biologickou využitelnost. Snížení využitelnosti je závislé na řadě faktorů. Jedná se například o koncentraci kyseliny fytové, síle vazby, přítomnosti dalších látek, které se vážou s minerálními látkami (vláknina, třísloviny), koncentraci bílkovin, přítomnost enzymu fytázy. Kyselina fytová může snižovat aktivitu některých enzymů (trypsin, pepsin,  $\alpha$ -amylasa a  $\beta$ -galaktosidasa).

Mezi soli kyseliny fytové se řadí fytin a fytát. Fytin je vápenato-hořečnatá sůl kyseliny fytové a fytát je vápenatá sůl kyseliny fytové. Kyselina fytová má silné chelatotvorné vlastnosti. Její jedinečná struktura nabízí schopnost vázat minerály, bílkoviny a škrob. Kyselina fytová je nejrozšířenější minositol fosfátem na Zemi a je hlavní formou zásobního fosforu v semenech rostlin a představuje 50 % až 85 % fosforu v semenech obilovin, olejnin a luštěnin (Vohra & Satyanarayana 2008).

Tab.č. 2: Obsah kyseliny fytové v semenech obilovin (Marounek 2004)

Obiloviny	Obsah kyseliny fytové
Pšenice	0,62-1,35
Žito	0,97
Ječmen	0,97-1,16
Kukuřice	0,89-0,99
Oves	0,79-1,01

Fytát je obsažen v jaderném krmivu zhruba ze dvou třetin. Tato organická forma fosforu potřebuje ke svému využití v těle zvířat, aby byla hydrolyzována enzymem fytázou na anorganickou formu. Za antinutriční faktor je považována kyselina fytová, která snižuje využitelnost fosforu a minerálních látek u monogastrů (Hainze et al. 2004). Dle Van Doorn et al. (2004) je fytát pro koně dostupnější, než se dříve myslelo. Ve studii uvádí, že koně krmení krmivem s přídavkem monokalciumpfosfátu (hlavní zdroj fosforu v krmné dávce), vykazují stejnou stravitelnost fosforu jako koně krmení dietou, která obsahovala 71 % fosforu ve fytátové formě. S tímto zjištěním se ztotožňuje i Hainze et al. (2004), který ve své studii uvádí, že krmné dávky složené pouze z píce měly stejný koeficient celkové stravitelnosti fosforu jako u diety, která obsahovala kukuřici a oves nebo kukuřici a pšenici nebo pouze samotný oves. Rozklad fytátu u koně probíhá v tenkém a tlustém střevě. K nejvyšší degradaci dochází v tlustém střevě díky aktivitě mikrobiomu (Lavin et al. 2013).

### 3.5.2 Hydrolýza fytátu u monogastrů

Při odstranění fosfátových skupin pomocí defosforylace fytátu, dochází ke zlepšení nutriční hodnoty krmiv. U inositolu tak klesá síla pro vázání iontů (Kumar et al. 2010). K defosforylaci fytátu je využíván enzym fytáza. Produkce fytázy je u zvířat je omezená a fytát je tak pro zvířata z velké části nedostupný. Pro rozklad fytátu má zvíře čtyři zdroje fytázy (Troesh et al. 2013). Jedná se o endogenní slizniční enzymy tenkého střeva, vnitřní rostlinné fytázy, enzymy mikrobiomu a exogenní fytázy (Selle & Ravindran 2008).

U monogastrických zvířat, hlavně u drůbeže a prasat je využíván přídavek exogenních fytáz do krmiva. Dochází tak ke zvýšení dostupnosti fosforu u diet, které obsahují vysoké množství fytátu. Exogenní fytázy se nejčastěji získávají z bakterií (*Escherichia-coli*) nebo hub (*Aspergillus niger*). U prasat a nosnic se při přidání fytázy do krmiva, zlepšuje stravitelnost a absorpce fosforu, zároveň dochází ke zlepšení hustoty a mineralizaci kostí (Selle & Ravindran

2008). U koní nebyl prokázán účinek při použití exogenních fytáz v krmivu. Při suplementaci fytázy nedochází ke zlepšení dostupnosti fosforu pro koně. Stravitelnost fosforu a jeho vylučování zůstávají na stejné úrovni (Morris-Stoker et al. 2001).

### **3.6 Fosfor ve výživě koní**

Fosfor patří mezi nejuniverzálnější prvek v organismu. Účastní se všech metabolických reakcí jako je metabolismus tuků, sacharidů, bílkovin, syntézy enzymů, hormonů, vitamínů. Fosfor se řadí mezi makroprvky. Mezi další významné makroprvky se řadí vápník, který se spolu s fosforem nejvýznamněji podílí na tvorbě kosterní tkáně organismu (Saastamoinen et al. 2020). Vápník a fosfor řadíme mezi esenciální minerální látky, uplatňující se při mineralizaci kostí a zubů. Hlavní složkou kostry a zubů je tzv. hydroxyapatit, který je tvořen ze 14-17 % fosforem (Fowler et al. 2015). Fosfor se v organismu vyskutejuje v organické a anorganické formě. Pro správnou osifikaci a činnost svalů je v organismu nutná přeměna fosforu. Na přeměně fosforu se podílí i vitamín D a vliv má i parathormon (Manghat et al. 2014). Koncentrace organického fosforu je v krevní plazmě přibližně čtyřikrát více než anorganického fosforu. Plazmatická koncentrace fosfátu je udržována intestinální absorpcí a renální reabsorpcí (Muscher-Banse et al. 2017). Plazmatická koncentrace nezávisí pouze na příjmu a výdeji fosforu v organismu ale také na poměru ukládání a uvolňování z kostní tkáně (van Doorn et al. 2014).

U zvířat je 80-85 % fosforu uloženo v kostech a zubech ve formě fosforečnanu vápenatého, sodného a hořečnatého. Zbytek fosforu je ve formě fosfoproteinů uložen v měkkých tkáních a tělesných tekutinách. Fosfor se dále nachází ve formě organických fosfolipidů v krvi v erytrocytech (Fowler et al. 2013).

Fosfor hraje také důležitou roli při fosforylaci a oxidaci mnohých důležitých enzymů jako složka fosfoproteinů, fosfolipidů a nukleových kyselin (Saastamoinen et al. 2020). Fosfor se také uplatňuje v energetickém metabolismu (Lavin et al. 2009). Je součástí makroenergních sloučenin jako jsou ATP, ADP, AMP a kreatinfosfát. Tyto sloučeniny jsou součástí všech buněk organismu a jsou zdrojem energie pro jednotlivé reakce. Mezi tyto reakce se řadí i kontrakce svalová (Manghat et al. 2014).

Fosfor je součástí koenzymů, účastní se procesu syntézy pohlavních hormonů a ovlivňuje tak plodnost hřebců a klisen. Nedostatek fosforu může vést k problémům s ovulací a prodloužení období mezi říjemi u klisen (Cehak et al. 2012). V organismu se fosfáty vyskytují jako acidobazické pufrů v krvi a střevech a ovlivňují humorální regulace a pufrací systémy organismu (Manghat et al. 2014).

#### **3.6.1 Potřeba fosforu a vápníku**

Pro splnění nutričních požadavků koní a správnou funkci organismu je nutné zajistit vyvážený příjem hlavních živin i mikronutrientů. Mezi hlavní živiny řadíme bílkoviny, sacharidy a tuky. K mikronutrientům řadíme minerální látky (Davies 2009). Pro správný výpočet potřeby

živin je nutná znalost stravitelností jednotlivých živin v organismu zvířete. Ohled musí být brán i na endogenní ztráty a produkci či fyzickou zátěž zvířete (Mok & Urschel 2020).

Potřeba minerálních látek lze zjistit z výpočtu, kdy množství potřebných živin pro zachovu vydělíme skutečnou stravitelností minerálů (Fowler & Lawrence 2019). Pro optimální využití fosforu ve stravě, je důležitý poměr mezi fosforem a vápníkem. Ideální poměr je důležitý pro správné využití každého z prvků. Vyvážená krmná dávka by měla obsahovat 0,15 %-0,6 % fosforu a 0,15 %-1,5 % vápníku v sušině (Toribio 2011).

Zvýšená potřeba fosforu je u rostoucích zvířat, u starších koní (nad 19 let) a u sportovních koní (NRC 2007). U rostoucích zvířat je potřeba fosforu větší než u dospělých zvířat. Důvodem jsou vyvíjející se kosti, které vyžadují více fosforu než již vyvinuté kosti u dospělých zvířat. Nejvyšší potřeba fosforu je u březích a laktujících klisen. V posledním trimestru stoupá potřeba fosforu i vápníku v souvislosti s mineralizací kostry hříběte v děloze. U laktujících klisen je potřeba zvýšena z důvodu výdeje minerálů do mléka, nejvíce fosforu je v mléce během 1. měsíce laktace. Potřeba fosforu je ovlivněna i pracovním využitím zvířete (Saastamoinen et al. 2020). Zvýšený příjem fosforu je spojen i s nadměrným přísunem bílkovin, kdy dochází k vylučování fosforu ledvinami do moči.

Tab.č. 3: Doporučený příjem fosforu a vápníku podle NRC 2007

	Hmotnost jedince v kg	Ca (g)	P (g)
<b>Dospělý jedinec v záchově</b>	600	24	16,8
<b>Dospělý jedinec v lehké práci</b>	600	36	21,6
<b>Dospělý jedinec ve velmi těžké práci</b>	600	48	34,8
<b>Chovný hřebec</b>	600	36	21,6
<b>Klisna v březosti do konce prvního trimestru</b>	600	24	16,8
<b>Hříbě 4 měsíce</b>	202	46,9	26,1
<b>Mladý kůň 12 měsíců</b>	385	45,2	25,8

### 3.6.2 Stravitelnost fosforu

Biologická dostupnost fosforu u koní je od 30 % do 45 %. Stravitelnost je důležitým ukazatelem při hodnocení krmné dávky. Stravitelnost udává vztah mezi obsahem živin a dostupnou energií pro zvířata. Stravitelná živina je živinou přijatého krmiva, která byla vstřebána do tělního oběhu a nebyla vyloučena spolu s výkaly (Forejtová et al. 2011).

Stravitelnost fosforu je závislá na jeho formě a množství v krmivu. Dále je důležitá jeho interakce s dalšími složkami krmiva a minerály (Saastamoinen et al. 2020). Obiloviny jsou dobrým zdrojem fosforu, ale významný podíl fosforu v obilovinách je vázán na kyselinu fytovou (McDonald et al. 2011). Kyselina fytová je všeobecně u monogastričních zvířat špatně stravitelná. Kůň je však fytátový fosfor schopen trávit (Warren et al. 2013). Obsah fosforu v travách je přibližně stejný jako v obilovinách (cca 3 g/kg sušiny), ale obsah fosforu je ovlivněn stářím plodiny v období sklizně (Zhao & Müller 2015). Minerální doplňky přidávané do krmiva obvykle obsahují anorganické formy fosforu, mezi které patří fosforečnan vápanatý a fosforit (Saastamoinen et al. 2020).

Největší stravitelnost fosforu je u hříbat ve věku osmi měsíců. Ve věku od jednoho do dvou let stravitelnost fosforu klesá o 2,0-7,7 % (Fowler et al. 2015). Nejnižší stravitelnost je u starších koní a pohybuje se okolo 4,2 %.

### 3.6.3 Vstřebávání a vylučování fosforu

Místem vstřebávání fosforu a vápníku je tlusté a tenké střevo. Vstřebávání fosforu je ovlivněno příjmem, zdrojem a složením krmné dávky (Georg et al. 2013). U dospělých koní je absorpční schopnost 35 % a u kojících klisen a rostoucích koní 45 %. Důvodem je doplňování většího množství koncentrátů než u dospělých koní v záchově (NRC 2007). U sportovních koní ve vysoké fyzické zátěži dochází ke zlepšení vstřebávání fosforu, protože i potřeba fosforu stoupá (van Doorn et al. 2011). Hlavní místo vstřebávání fosforu je v gastrointestinálním traktu, konkrétně v tračníku. Část fosforu se vstřebává již v tenkém střevě (Fowler et al. 2015).

Hlavní cestou vylučování fosforu u koní je trus. Obsah fosforu ve stolici je přímo úměrný obsahu fosforu ve stravě (Fowler et al. 2013). Při nadbytečném podávání fosforu v krmné dávce je přebytek fosforu vyloučen (Saastamoinen et al. 2020). Velmi nízký podíl (cca 2 %) fosforu je vylučován močí a potem (Ögren et al. 2013).

Vyloučený fosfor pochází ze tří různých zdrojů. Mezi tyto zdroje se řadí fosfor, který je nedostupný a kůň jej není schopný absorbovat. Dalším zdrojem je dostupný fosfor, který je kůň schopen absorbovat, ale překračuje nutriční požadavky a posledním zdrojem je fosfor, který je součástí endogenních ztrát (Ögren et al. 2013). V gastrointestinálním traktu dochází k endogenní sekreci fosforu v tenkém a slepém střevě. Endogenní sekrece je způsobena přítomností sloučenin fosforu ve slinách, pankreatické a žaludeční tekutině a ve žluči (Cehak et al. 2012).

Při nadbytku fosforu se zvyšuje množství vyloučeného vápníku. Při zvýšení vylučování vápníku se sníží jeho ukládání v kostech. Dochází i k omezení využití hořčíku, železa, zinku a manganu (Jelínek & Koudela 2003).

### 3.6.4 Nemoci spojené s metabolismem fosforu

Mezi poruchy metabolismu fosforu patří hypofosfatémie a hyperfosfatémie (Toribio 2011). Nedostatek fosforu tzv. hypofosfatémie se vyskytuje po celém světě v oblastech s půdou chudou na fosfor. Rozvoj hypofosfatémie může být způsoben sníženou absorpcí fosforu ve střevě, zvýšenou exkrecí fosforu močí, redistribucí fosforu z extracelulárního do intracelulárního prostředí. Mezi další příčiny vzniku patří zvýšená hladina glukózy v krvi, narušení metabolismu parathormonu a vitamínu D, nadbytkem vápníku nebo inzulinu a hladověním. Může vzniknout i při Cushing syndromu aplikací kortikoidů nebo při alkalóze (Toribio 2015). Z toho důvodu je fosfor obvykle rutinně doplňován v potravě koní (NRC 2007).

Hypofosfatémii dělíme na akutní a chronickou. Podle koncentrace fosforu v krevním séru lze hypofosfatémii hodnotit jako závažnou, střední a mírnou. Závažná hypofosfatémie je při koncentraci fosforu v séru méně než 0,32 mmol/l, střední při hodnotě 0,32-0,64 mmol/l a mírná při koncentraci 0,67-0,8 mmol/l (Toribio 2015).

Mezi symptomy akutní hypofosfatémie patří neuromuskulární podrážděnost, svalová slabost, arytmie, zhoršený metabolismus glukózy, snížení motility střev (Toribio 2011). K symptomům chronické hypofosfatémie patří osteomalacie, ztuhlé klouby a svaly, špatná plodnost, zhoršená funkce vaječnicků, snížená žravost, špatný růst u mladých zvířat (Jelínek & Koudela 2003). Terapie akutní hypofosfatémie zahrnuje podání fosforečnanu draselného nebo sodného. Při chronické hypofosfatémii je možné podávat fosforečnan vápenatý (Toribio 2011).

Hyperfosfatémie se projevuje při zvýšené hladině fosforu v krvi. Hyperfosfatémie je způsobena zvýšenou absorpcí fosforu v gastrointestinálním traktu nebo při uvolňování fosforu z kostí a současně nedochází ke zvýšené exkreci nebo využití fosforu tkáněmi. Při hyperfosfatémii je omezena resorpce vápníku, zinku, mědi, železa a je narušena přeměna vitamínu D na kalcitriol (Jelínek & Koudela 2003).

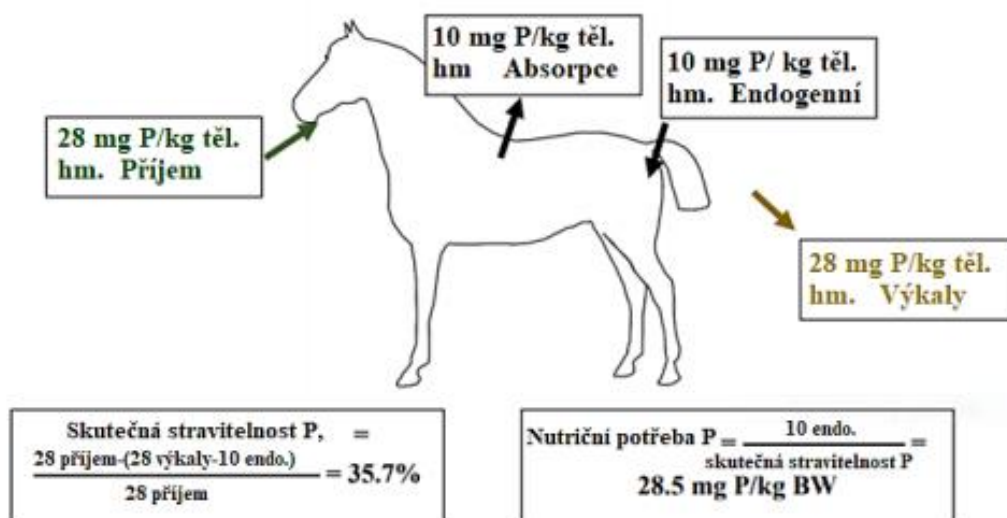
Mezi nejčastější příčiny vzniku hyperfosfatémie je snížení rychlosti glomerulární filtrace a následné snížení vylučování fosforu (Toribio 2015). K nadbytku fosforu může dojít při zvýšeném příjmu krmiv bohatých na fosfáty a při hypervitaminóze D (Kamr et al. 2018). Uvolňování fosforu z kostí může být způsobeno při nádorech, akutních myopatiích nebo při rozsáhlých poraněních.

Hyperfosfatémii dělíme na akutní a chronickou. Mezi příznaky akutní hyperfosfatémie patří tetanie, kolika, arytmie a hyperexcitabilita. Při chronické hyperfosfatémii může být viditelné kulhání, zlomeniny, abnormální vývoj chrupavek a nutriční sekundární hyperparathyreóza. Primární léčba hyperfosfatémie by měla zahrnovat snížení příjmu fosfátů v krmivu a může být zváženo i podání diuretik, které podporují vylučování fosfátů močí (Toribio 2011).

### 3.6.5 Endogenní ztráty fosforu

Endogenní ztráty fosforu zahrnují fosfor, který je aktivně vylučovaný do gastrointestinálního traktu pomocí transportérů ale i fosfor obsažený v enterocytech a trávicích šťávách jako jsou sliny, žaludeční, pankreatické a žlučové šťávy (Saastamoinen et al. 2020).

Hodnota vyloučeného fekálního fosforu u dospělých koní je 10 mg P/kg tělesné hmotnosti. Rostoucí mladí koně vylučují fekální fosfor v množství 18 mg P/kg tělesné hmotnosti (NRC 2007). Studie Furtado et al. (2000), uvádí u endogenních ztrát fosforu pro rostoucí koně hodnotu 10,3 mg P/kg. Dle Ögren et al. (2013) je ale hodnota vyloučeného fekálního fosforu u mladých koní 10 mg P/kg tělesné hmotnosti. Oliveira et al. (2008) uvádí, že hodnoty endogenních ztrát fosforu u mladých koní jsou 8,42 mg P/kg tělesné hmotnosti. Při podávání nadměrných dávek fosforu v krmné dávce koní se zároveň zvyšuje i podíl endogenního fosforu a následné množství vyloučeného fosforu trusem do prostředí (Ögren et al. 2013).



Obr. č. 2: Model pro odhad skutečné stravitelnosti fosforu a jeho nutriční potřeby na základě pevně dané hodnoty ztrát endogenního fosforu, tj. 10 mg/kg tělesné hmotnosti a skutečné stravitelnosti fosforu 35 % (NRC 2007)

## 3.7 Enviromentální dopady fosforu

Fosfor a dusík pocházející ze zvířecího trusu patří mezi hlavní látky znečišťující životní prostředí a vodní zdroje v zemědělství (Parvage et al. 2013). Fosfor je ale oproti dusíku považován za škodlivější, protože při překročení požadavků plodin dochází k nasycení půdy a následnému odtoku do vodních zdrojů (Parvage et al. 2015).

### 3.7.1 Eutrofizace vod

Eutrofizace je spojována se slovem trofie (úživnost vody). Pojem eutrofizace je myšlen proces obohacování vod o živiny. Trofie již vyjadřuje výsledný stav úživnosti vody. V dnešní době je termín eutrofizace spojována především v souvislosti s udržení ekologické

kvality vody (Oppeltová 2015). Zhoršování kvality vody má za následek významné ekonomické ztráty a v neposlední řadě i snížení možností rekreačního využívání vod.

Vliv na rekreaci je nejcitlivějším tématem pro širokou veřejnost. V důsledku zhoršené kvality vody dochází k opuštění dříve atraktivních míst pro rekreaci. Mnohem závažnějším problémem je ale nemožnost využití eutrofizované vody pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Úprava takto zasažené vody je velice složitá a ekonomicky neudržitelná. Mezi další negativní dopady eutrofizace patří degradace vodního ekosystému a vymírání některých druhů (Lin et al. 2019).

### **Rozdělení vod podle obsahu živných látek:**

- Oligotrofní vody (obsahují málo živin, chudé na množství organismů, průzračné s viditelností i více než 3 metry)
- Mezotrofní (střední obsah živin)
- Eutrofní (velké množství živin, voda téměř neprůhledná)

Fosfor a jeho sloučeniny jsou ve vodách limitujícím faktorem a jeho nadměrný přísun má negativní vliv na kvalitu vody a následnou eutrofizaci. Eutrofizace je celosvětovým problémem a rozdělujeme ji na antropogenní a přirozenou. Antropogenní eutrofizace se zvyšuje spolu se zvyšujícím se používáním hnojiv v zemědělství a zvýšeným přísunem fosforu v krmivech pro hospodářská zvířata. Dále má na eutrofizaci vliv i prodlužování délky kanalizační sítě, vypouštění odpadních vod z potravinářského průmyslu ale například i prostředky využívané v domácnosti s obsahem organofosfátových sloučenin (Goel & Motlagh 2014).

Důsledkem zvýšeného množství fosforu ve vodě je nadměrný růst vodních řas. Prvním ukazatelem je rozvoj řas a sinic v barvě celého sloupce vody (tzv. vegetační zákal). Vegetační zákal je rovnoměrné rozšíření produkce fytoplanktonu v celém vodním sloupci. Voda je nejčastěji zbarvena do zelené nebo zelenomodré barvy ale závisí na druhu planktonu, který je vodě přítomen. Při nahromadění sinic těsně u hladiny, hovoříme o vodním květu, který způsobuje nežádoucí biochemické reakce. Jedná se o shluky vláknitých sinic a ve spodních vrstvách tak dochází k deficitu kyslíku a následné zvýšení koncentrace manganu a železa. Sinice jsou škodlivé, toxické a mohou být i karcinogenní. (Ruttenberg 2003).

Sinice se vyskytují spíše v pomalých a stojatých vodách. V rychle tekoucích řekách a nádržích nedochází k přemnožení sinic a to z důvodu rychlého průtoku vody, který je kratší než generační doba sinic. Vyskytují se zde zelené řasy, které roustou rychleji než sinice (Withers & Jarvie 2008).

Při nadměrném rozvoji fytoplanktonu dochází ve vodě k odčerpání  $\text{CO}_2$  a následnému navýšení pH i přes hranici hodnoty 11. Výjimkou nejsou ani extrémní výkyvy koncentrací kyslíku, kdy v nočních a brzkých ranních hodinách nastává značný deficit a během dne naopak přesycení tímto prvkem. Při rozkladu velkého objemu biomasy, dochází k odčerpání kyslíku



a uvolňování nežádoucích látek do vodního prostředí. Tyto změny působí negativně na organismy žijící ve vodním prostředí a následně i na celý chod ekosystému (Kopp et al. 2015).

### **3.7.2 Problematické sinice**

Sinice jsou vývojově velmi staré a velice přizpůsobivé organismy. Schopnost rychlé regenerace a vytváření spor (aktinet), jim umožňuje přežít i v nepříznivém období. Vytvoří aerotopy, či slizu se dokáží pohybovat v celém spektru vodního sloupce a prostřednictvím specifických látek inhibovat vývoj ostatních organismů. Nežádoucím projevem sinic je produkce sekundárních metabolitů tzv. cyanotoxinů. Přítomnost cyanotoxinů ve vodě může způsobit otravu psů, ptáků nebo skotu (Oppelová 2015).

#### **Dělení cyanotoxinů**

- Neurotoxické (saxitoxiny)
- Cytotoxické (cylindrospermopsin)
- Hepatotoxické (microcystiny)
- Dráždivé (lipopolysacharidy)
- Dermatotoxické (aplysiatoxiny)

### **3.7.3 Hlavní zdroje živin antropogenní eutrofizace vod**

Hlavní zdroje antropogenní eutrofizace pochází ze tří kategorií člověkem vytvářených zdrojů znečišťování. Jedná se o tzv. bodové zdroje, plošné znečištění a difúzní neboli roztroušené drobné bodové zdroje znečištění.

Bodové zdroje znečištění zahrnují odpadní vody z městských čistíren nebo dešťové kanalizace ale i velkochovy hospodářských zvířat. Plošné znečištění, které působí plošně na vodní útvar, zahrnuje erozi nebo například splachy z hnojené zemědělské půdy. Difúzní bodové zdroje znečištění pocházejí ze skládek, zemědělství, hnojišť nebo obcí (Kopp et al. 2015).

### **3.7.4 Fosfor jako základní živina eutrofizace sladkovodních ekosystémů**

Fosfor řadíme mezi základní biogenní prvky. Podílí se na tvorbě kyselin a sloučenin, které v tělech organismů uchovávají chemickou energii. Přírodním zdrojem fosforu v horninách je fosforit a v minerálech apatit, kaolinit, strengit nebo struvit. Do vod se fosfor dostává přirozeně rozpouštěním a výluhem minerálů, z metamorfovaných a vyvřelých hornin, půdní erozí nebo mineralizací odumřelé vodní fauny a flóry. Fosfor vázaný v sedimentech putuje vodními toky, až do moře, kde dochází k jeho usazování (Bennet et al. 2013). Vzduch a voda obsahují velice nízké množství fosforu a významné procento představuje fosfor vázaný v organismech.

Do koloběhu je přibližně polovina fosforu dodána člověkem. Koloběh fosforu se nazývá sedimentační, protože anorganický fosfor nakonec vždy opustí pevninu a odchází do oceánů, kde se včleňuje do sedimentů (Oppeltová 2015). Fosfor přichází do ekosystémů v podobě rozpuštěných fosforečnanů, které se uvolňují z hornin. Fosfor má i svůj vnitřní ekosystémový cyklus, který vypadá následovně. Rozpuštěné fosforečnanové ionty přijmou rostliny a zabudují je ve svém těle do organických sloučenin. Organicky vázaný fosfor putuje potravním řetězcem až k poslednímu článku, který uhynie. O rozklad jeho těla se postarají bakterie a další půdní organismy, které zpřístupní anorganický fosfor pro rostliny. Část fosforu zůstává vázána v nerozpustných sedimentech (Bennett et al. 2013).

Koloběh fosforu v ekosystémech je hlavně ovlivňován látkovým metabolismem organismů. Spolu s výkaly se fosfor vrací do prostředí v rozpuštěné formě, kterou jsou schopny rostliny čerpat. Fosfor koluje v suchozemských ekosystémech, dokud jej podzemní voda nebo povrchové spachy neodplaví do vodního prostředí (Tay et al. 2022).

Antropogenní navýšení anorganického fosforu ve vodách pochází ze zemědělství, těžby fosfátů, protikorozních přípravků nebo z živočišných odpadů. Příjem a uvolňování živin sedimentovanými částicemi je proměnlivý proces. Množství fosforu v sedimentu může být mnohonásobně vyšší než v okolní vodě (Cordell et al. 2011). Biologická dostupnost fosforu je závislá na biologických podmínkách, které jsou ovlivněné ročním obdobím. Jedná se především o změnu teploty, koncentraci O<sub>2</sub>, průtok vody, aktivitu organismů, kvalitu a množství usazujícího se materiálu (Oppeltová 2015). Významná je i morfologie vodního útvaru (místo přítoku, hráz, místo odtoku aj.).

Sorpce a desorpce fosforu je ovlivněna složením částic. Složení částic je dáno místem původu. Dobré uvoňování fosforu nastává u částic, které mají nízké zastoupení tzv. vazebných partnerů hydroxidů železa a hliníku a dále za pomoci biochemického rozkladu z organicky partikulovaného fosforu. Desorpce fosforu probíhá na povrchu půdních částic nebo dopórové vody uvnitř částic. Pórová voda je transportní cestou fosforu, skrze sediment do vody nad ním. Ve vodním útvaru je velice důležitá rovnovážná koncentrace rozpuštěného fosforu. Pokud se částice ocitnou ve vodě s nižší koncentrací rozpuštěného fosforu, tak fosfor uvolňují. Při vyšší koncentraci fosforu ve vodě je naopak fosfor částicemi vázán (Cordell et al. 2011).

### **3.7.5 Změny v rybničním a jezerním ekosystému**

Při výskytu vegetačního zákalu nebo vodního květu, dochází ke konkurenčnímu vytlačování vyšších rostlin a následné vymizení. Časem se začínají vytrácet bezobratlí živočichové, kteří jsou na vyšších rostlinách závislí. Následně dochází k vymizení obratlovců, kteří se žijí bezobratlími. Při odumření sinic dochází k hromadění ohromného množství biomasy (Vermaire 2017).

V rybnících může velké množství odumřelého fytoplanktonu představovat zdravotní riziko pro ryby. Při jeho rozkladu dochází k velké spotřebě kyslíku a vzniku nežádoucích látek jako je amoniak, sulfan, methan a další. Při nízké koncentraci kyslíku může dojít v anaerobních sedimentech k rozvoji bakterie *Clostridium botulinum*, která produkuje botulotoxin. Botulotoxin může mít za následek úhyny vodního ptactva (Oppeltová 2015).

Při obohacování jezer fosforem může nastat změna v druhovém složení primárních producentů. Dominantní benticí producenti jsou nahrazeni fytoplanktonem. Při snížení dávek fosforu nedochází k obnovení benthické flóry. Při zvýšené dávce fosforu se stávají dominantními sinice (Li et al 2015). Fosfor a jeho množství ve vodě má vliv i na sekundární produkci. Řada bakterií a hub potřebuje k růstu organický fosfor a své potřeby mohou doplnit i o anorganický fosfor. Při vysokých dávkách anorganického fosforu dochází ke kompetici mezi fytoplanktonem a bakteriemi. Výsledkem je snížení množství odumřelé hmoty fytoplanktonu díky rychlému rozkládání hmoty bakteriemi. Tuto organickou hmotu potřebují ve své výživě i spásáči (korýši, bentičtí bezobratlí, zooplankton) a dochází tak reprodukci jejich populace (Scholz et al. 2013).

### **3.7.6 Snížení dopadů eutrofizace**

Pro eutrofizaci pozměněný stav vodních nádrží neexistuje univerzální metoda pro nápravu. Začátek nápravného procesu začíná podrobným monitoringem. Nutné je také porovnání stavu vody v historii a jejím aktuálním stavem. V závislosti na tom je dále nutné navrhnout dosažitelný a udržitelný cíl nápravy (Lin et al. 2019).

Při samotné nápravě se vždy jedná o kombinaci více opatření, která musí být provedena v určitém pořadí. Nejprve by se měli realizovat opatření nad nádrží, protože jejich účinek se projeví v průběhu několika následujících let. Efektivního snížení trofie povrchových vod lze dosáhnout pouze za předpokladu eliminace eutrofizace vod. V nádrži by mělo dojít k výraznému snížení přísunu živin zejména fosforu a dusíku. Odstraňování fosforu z vod je nutné z několika důvodů. Hlavním důvodem je, že se fosfor řadí mezi základní živiny pro rozvoj fytoplanktonu. Od tohoto kroku se pak odvíjí úspěšnost dalších nápravných akcí (Oppeltová 2015).

Mezi metody snížení eutrofizace patří například provzdušňování, srážení fosforu, ošetření sedimentu a odstraňování bahna. Při provzdušňování neboli aeraci, dochází k vyrovnání nedostatku kyslíku a zabránění vzniku stratifikace (vytváření vrstev). Používají se dvě metody provzdušňování. První je technika rozptýlené destratifikace a druhá provzdušňování hypolimnia bez porušení teplotní stratifikace. Technika rozptýlené destratifikace je vhodná zejména pro mělké nádrže. Druhá technika je vhodná pro hluboká jezera (Lin et al. 2019).

Srážení fosforu má za cíl snížení dostupnosti fosforu pro primární producenty. Do vody jsou aplikovány látky, které váží fosfor a inaktivují ho. Tato metoda je vhodná pro nádrže, kde již byly odstraněny všechny významné zdroje fosforu. Využívají se sloučeniny hliníku, železa nebo vápno. Při ošetření sedimentu jsou využívány sloučeniny dusíku a železa. Cílem je mineralizace organické hmoty a vytvoření lepších podmínek pro vodní organismy.

Odstraňování bahna vybagrováním je dlouho používanou metodou. Využívají se dvě metody. První metodou je odstraňování bahna suchou cestou a druhou metodou je odstraňování bahna mokrou cestou. Při suché cestě je odstraněno veškeré bahno bez zbytečného množství vody. Nevýhodou je odstranění i vrstvy aktivního bahna, která je nezbytná pro vyváženost vodního ekosystému. Po tomto zásahu trvá i nekolik let, než se

produkce rybníka navrátí do původního podoby. Při odstraňování bahna mokrou cestou je využíván sací bagr a těžba je prováděna bez vypuštění nádrže. Využití vytěženého bahna závisí na výsledcích analýz vzorků. Bahno lze využít jako zúrodnující nebo rekultivační prvek v zemědělství, přírodní ekologické hnojivo nebo jako kompost pro výrobu travních a střešních biokoberců nebo jako hrubší frakce ve stavebnictví (Oppeltová 2015).

### 3.7.7 Vylučování fosforu v trusu koní

Fosfor vyloučený stolicí může mít negativní dopad na životního prostředí, zejména vodní zdroje. Koňský hnůj se používá jako hnojivo, z důvodu vysokého obsahu živin. Zvířata využívají pouze část přijatých živin a nevyužité živiny odcházejí spolu se stolicí a močí (Westendorf & Williams 2015).

Z hlediska kvality životního prostředí by měli být koně kategorizováni stejně jako skot. V případě koní lze ale kategorizaci zvážit, s ohledem na formu fosforu, která se vrací zpět do přírody. Koňský hnůj se více podobá trusu skotu než prasat či drůbeže na základě celkové koncentrace fosforu ve výkalech. Koně se však liší od ostatních hospodářských zvířat v poměrech ve vodě rozpustného organického a nerozpustného anorganického fosforu (Heinze et al. 2004). Dle NRC (2007) jsou koňské výkaly méně rizikové pro životní prostředí ve srovnání s výkaly jiných hospodářských zvířat, protože předpokládá, že koňský trus obsahuje méně vodorozpustného fosforu, který má negativní dopad na životní prostředí.

V půdě bez orby, jako jsou pastviny, je rozpustná frakce fosforu nejvíce náchylná ke ztrátám odtokem během silných dešťů. Nerozpustná frakce fosforu se pak nejčastěji ztrácí spolu s půdními částicemi v důsledku eroze. Dle Heinze et al. (2004) koně vylučují více nerozpustného fosforu. Z toho důvodu má koňský hnůj větší potenciál znečištění, pokud je využíván jako hnojivo na pole s orbou než při běžném vylučování na pastviny. Dle Saastamoinen et al. (2020) je v koňském trusu naopak více rozpustné frakce fosforu, která je k dispozici pro využití rostlinami. Ve studii představovala rozpustná frakce fosforu ve výkalech 88 %. Překrmování koní vysokými dávkami fosforu tedy může být škodlivější pro životní prostředí než při překrmování dojníc. Parvage et al. (2015) ve své studii uvádí, že průměrná koncentrace fosforu v koňských výběžích byla několikanásobně vyšší, než je prahová hodnota pro eutrofizaci vod. Vyšší ztráty fosforu vyluhováním lze očekávat u pastvin než u polí. Většina přidaného fosforu a dusíku se z polí odstraní při sklizni plodin, zatímco živiny ze spásané trávy a krmiva se vrací zpět do výběhu prostřednictvím trusu a moči. Ve výběžích dochází k hromadění živin. Půdy s vysokým obsahem živin zadržují méně přidaného fosforu a uvolňují ho do vody (Parvage et al. 2015).

Pro minimalizaci rizika by se měl pravidelně odstraňovat trus z koňských výběhů. Další ochranou může být použití materiálů absorbujících fosfor, které obsahují železo, filtrační materiály (geotextilie) nebo organické podestýlkové materiály (Parvage et al. 2017). Rozpustnost fosforu lze také ovlivnit složením stravy. Ztráty fosforu jsou lineárně úměrné jeho příjmu. Při optimalizaci poměru složek potravy jako je například doplnění krmiva o koncentráty, může dojít ke zlepšení starvitelnosti fosforu. Důležitá je analýza krmiva a koncentrace minerálních látek. V kompletních krmivech jsou koncentrace fosforu obvykle

vypočítány pro „průměrného koně“ a nezohledňují tak skutečné požadavky koně a koncentrace fosforu v ostatních složkách potravy. To může mít za následek nedostatek nebo naopak na přebytek potřebného množství minerálních látek ve stravě koní. Při zvyšování koncentrátů ve stravě, je také důležité brát ohled na množství škrobu v krmivu (Saastamoinen et al. 2020). Dle Ögren et al. (2013) je u dospělých koní, kteří jsou v lehké práci a dostávají koncentrované krmivo, další suplementace anorganickým fosforem již zbytečná.

## 4 Metodika

V experimentu byly odebírány bodové vzorky trusu od 10 hřebců. Hřebci se nacházeli v Národním hřebčíně Kladruby nad Labem a byli ustájeni v boxech se slámou nebo pilinami. Hřebci měli přístup k napáječce s čerstvou vodou a byla jim zkrmována dieta, která obsahovala 10 kg sena, 2,5 kg ječmene, 0,8 kg Formula Kladruby a solný liz, který byl volně k dispozici. Koně byli krmeni ve stejný čas třikrát denně a nebyli vypouštěni na pastvu.

### 4.1 Odběr a analýza vzorků trusu a krmiva

V rámci experimentu byly od hřebců odebírány vzorky trusu. Odběry probíhaly v intervalu 14 dní (viz Tabulka 4). Odběr se opakoval celkem šestkrát a probíhal ráno před místováním boxů. Vzorek trusu byl odebrán ze středu výkalu, tak aby vzorek nebyl v kontaktu s podlahou nebo podestýlkou. Vzorky trusu byly uloženy do zipových sáčků a zmrazeny na teplotu -20°C. Pro analýzu byly vzorky smíchány, tak aby z každého odběru vznikly dva reprezentativní vzorky.

Tab.č. 4: Harmonogram odběru vzorků trus

Harmonogram odběru vzorků trusu	
1. odběr	21.12.2020
2. odběr	4.1.2021
3. odběr	18.1.2021
4. odběr	31.1.2021
5. odběr	15.2.2021
6. odběr	1.3.2021

Analýza vzorků byla prováděna na České zemědělské univerzitě v Praze (ČZU) v laboratoři Katedry mikrobiologie, výživy a dietetiky (KMVD) a dále ve Výzkumném ústavu živočišné výroby v Uhřetěvsi (VÚŽV). Vzorky trusu byly rozmrazeny, zváženy, usušeny a namlety. Vážení probíhalo na laboratorních vahách CAS s přesností na 1 g. Vzorky byly dále sušeny v sušárnách Memmert a Biobase. Samotné sušení trvalo při teplotě 120 °C 48 hodin a po usušení byly vzorky opět zváženy a umlety na velikost 1 mm. Po namletí byly vzorky uloženy do plastových nádobek s uzávěrem.

Krmivo bylo odebráno ve stáji v Národním hřebčíně Kladruby nad Labem. Odebráno bylo od každého krmiva 0,5 kg a uloženo do zipových sáčků. Odebráno bylo seno, ječmen a Formula Kladruby (granulované krmivo). Analýza krmiva probíhala v Mikrobiologické a chemické laboratoři Písek a Výzkumném ústavu živočišné výroby v Uhřetěvsi.

## 4.2 Metody

Z analýzy vzorků byla zjišťována sušina, popeloviny, dusíkaté látky, acido-detergentní (ADF) a neutrálně-detergentní vláknina (NDF), fosfor, vápník a acido-detergentní lignin (ADL). Vyhodnocována byla zdánlivá stravitelnost vybraných živin. Výsledky byly získány pomocí následujícího výpočtu. Výpočtem bylo zjištěno procento příjmu živiny.

### **(celkový denní příjem živiny – množství živin zjištěné ve stolici) / celkový denním příjem**

V laboratoři VÚŽV byly vzorky analyzovány na sušinu, popeloviny, celkový fosfor a vápník. Fosfor byl analyzován pomocí fotometrické metody a na stanovení vápníku byl využit atomový absorpční spektrometr. V laboratoři KMVD na ČZU byly vzorky zkoumány na NDF, ADF a ADL pomocí analyzátoru ANKOM 200. Dále zde byly Kjeldalovou metodou zkoumány dusíkaté látky na analyzátoru Kjeltec 2400.

Indikátorem pro stanovení stravitelnosti byl zvolen písek, který představuje množství popelovin ve vzorku nerozpustné v 10 % HCl. Pro srovnání výsledků byl jako druhý indikátor použit acido-detergentní lignin. V experimentu byla zjištěna chyba ve výsledcích při stanovení acido-detergentního ligninu a z toho důvodu nebyly tyto výsledky použity. Vypočtena byla zdánlivá stravitelnost vybraných živin. Byl použit výpočet, při kterém bylo odečteno množství specifické živiny, zjištěné v trusu, od celkového denního příjmu této živiny. Procento příjmu živiny, bylo vypočteno ze získaného výsledku, který byl vydělen celkovým denním příjmem.

### 4.2.1 Stanovení sušiny a popelovin

Sušina byla vypočtena z rozdílu hmotnosti vzorku před a po jeho vysušení při 103 °C. Vzorky byly vysušeny po dobu 4–6 hodin. Po uplynutí této doby a následném zchlazení byly vzorky zváženy na analytických vahách. Úbytek hmotnosti reprezentoval vodu a zbytek sušinu vzorku.

Stanovení popelovin probíhalo podobně jako stanovení sušiny. Vzorky byly spáleny v muflové pece při 550 °C. Po spálení byl popel zvážen a jeho obsah byl stanoven výpočtem:

$$\% \text{ popelovin ve vzorku} = (\text{hmotnost popela/navážka}) \times 100$$

Po zjištění množství sušiny a popelovin byla vypočítána organická hmota. Organická hmota se vypočítala pomocí odpočtu množství popelovin od sušiny vzorku. Dále byly vzorky upraveny pomocí namletí na velikost 1 mm, aby byla zjištěna homogenizace vzorků pro další analýzy. Mletí vzorků bylo provedeno na střížném mlýnu a namleté vzorky byly uloženy do plastových lahviček.

#### 4.2.2 Stanovení nerozpustného písku

Písek patří do části popelovin, která je nerozpustná ve vodě nebo v 10 % HCl. Pro stanovení nerozpustného písku byl využit např. bezpopelný kvantitativní filtr (průměr 150–180 mm, střední hustota), rychlofiltrační nálevky, vaříč na destilovanou vodu, kádinky 500 ml, odměrný válec 25 ml, Erlenmeyerova baňka, stříčka, pipeta, písková lázeň, analytické váhy s přesností minimálně 3 desetinná místa, 10 % HCl (Na 1 l roztoku 100 ml 35% HCl + 900 ml destilované vody), 1% AgNO<sub>3</sub>.

Bylo naváženo 5 g vzorku sušiny na stanovení písku a pro každý vzorek byla provedena kontrola. Navážené vzorky byly spáleny v muflové peci při 550 °C. Po vychladnutí byl popel z kelímku kvantitativně převeden do Erlenmeyerovy baňky. Po úplném přesunutí popelu byl spalovací kelímek propláchnut stříčkou s malým množstvím 10 % HCl. Dále bylo přidáno 20 ml 10 % HCl do Erlenmeyerovy baňky a na baňky byly nasazeny skleněné kloboučky zabraňující odparu. Roztok byl vařen 20 minut při mírném varu. Po ukončení varu byly vrozky převedeny kvantitativně na bezpopelný filtrační papír Fischer Scientific Inc, průměr 150 mm se střední hustotou a filtrační papír byl umístěn do rychlofiltrační nálevky. Vzorek byl promýván cca 500 ml horké destilované horké vody přes skleněnou tyčinku.

Dále byla provedena zkouška na přítomnost chloridů. Pro zkoušku byl využit 1% roztoku AgNO<sub>3</sub>. Při přítomnosti chloridových iontů se těsně pod hladinou objevila bílá sraženina. Pokud se sraženina neobjevila, nechal se zbytek vody z filtru odtéct a následně vložen do spalovacího kelímku, který byl předem zvážený. Kelímky s filtry se sušily cca 1 hodinu při 103 °C a následně spáleny v peci na 550 °C.

Pro zamezení vlhnutí byly kelímky vloženy do exsikátoru. Kelímek byl zvážen na analytických vahách a byl vypočítán procentický obsah písku. Pro výpočet byl použit následující vzorec:

$$\% \text{ písku nerozpustného v HCl} = ((\text{spálený kelímek} - \text{prázdný kelímek}/\text{navážka}) * 100)$$

#### 4.2.3 Stanovení celkového fosforu a vápníku

Před samotnou analýzou vzorků byla nejprve provedena mineralizace vzorků suchou cestou a příprava výluhu. Mineralizace vzorků probíhala pomocí spálení v muflové peci po dobu 20 hodin při 500 °C. Po vychladnutí byl z popela připraven výluh (7ml HCl 1:1). Výluh byl dále přefiltrován do zásobní lahvičky.

Celkový fosfor byl stanoven fotometricky. Analýza fosforu probíhala v připravených odměrných baňkách (objem 25 ml), do kterých bylo odváženo 20 ml molybdovanadátového činidla. Do baněk bylo postupně pipetováno 0,2–5 ml výluhu vzorku. Do odměrných baněk byla přidána po rysku redestilovaná voda a obsah byl promíchán. Po 30 minutách byla pomocí spektrofotometru změřena absorbance žlutého roztoku v 1 cm kyvetě při 430 nm proti kontrolnímu vzorku.



Celkový vápník byl stanoven na absorpčním spektrometru s plamenným atomizérem ContrAA 700 (fa Analytik Jena). Při stanovení celkového vápníku byl využit plamen acetylen-vzduch a jako iontový pufr byl využit lanthan ( $\text{La}^{3+}$ ).

#### 4.2.4 Stanovení dusíkatých látek

Analýza dusíkatých látek byla provedena podle metody Kjeldahla na přístroji Kjelttec 2400. Každý vzorek byl analyzován dvakrát. Analýza obsahovala více fází (vážení, mineralizace, analýza na přístroji). Nejprve byly na analytických vahách naváženy vzorky, hmotnost navážky byla 0,5 g. Vzorek byl vložen do mineralizační tuby (objem 250 ml) a byla provedena kontrola navážení. Tuby byly umístěny do mineralizačního stojanu.

Tab.č. 5: Pořadí mineralizačních tub ve stojanu

17	18	19	20
13	14	15	16
9	10	11	12
5	6	7	8
1	2	3	4

Druhým krokem byla mineralizace. K mineralizaci byla použita mineralizační tableta Kjeltabs CK (obsahuje síran draselný a pentahydrát síranu měďnatého), která byla přidána do mineralizační tuby. Ke vzorku a mineralizační tabletě bylo z dávkovače přidáno 10 ml koncentrované kyseliny sírové (96 %). Mineralizační tuby byly promíchány a stojan s tubami byl přemístěn do digestoře. Do každé tuby byl přidán 33% peroxid vodíku (2 x 5 ml) a bylo nasazeno zařízení na odsávání par. Stojan byl umístěn do mineralizačního bloku na 45 minut při 420 °C. Při mineralizaci došlo ke spálení organické hmoty a amoniak z dusíkatých látek se navázal na kyselinu sírovou. Po 45 minutách byl stojan vyjmut z mineralizačního bloku, aby mohlo dojít ke zchladnutí mineralizačních tub. Po zchladnutí tub bylo přidáno 2 x 5 ml destilované vody a obsah byl zamíchán.

Poslední fází byla vlastní analýza na přístroji Kjelttec 2400. Do přístroje byly zadány jednotlivé navážky vzorků a vloženy mineralizační tuby. Přístroj automaticky zředil vzorek destilovanou vodou, nadávkoval hydroxid sodný a spustil zahřívání a začala probíhat destilace. Došlo tak k uvolnění amoniaku ze síranu amonného, který byl odváděn do předlohy se známým množstvím kyseliny borité o známé koncentraci. Následně byl roztok titrován hydroxidem sodným a výsledkem bylo množství zneutralizované kyseliny borité amniakem. Výsledné hodnoty byly stanoveny na % N. Pro výsledné hodnoty (do 20 % N ve vzorku) byl povolený rozdíl opakovatelnosti vzorků do 0,2 %.

Tab.č. 6: Opakovatelnost vzorků

Hodnota	Povolený rozdíl
Do 20 %	0,2 %
20–40 %	1 % relativní
Nad 40 %	0,4 %

#### 4.2.5 Stanovení detergentní vlákniny a ligninu

Pro stanovení detergentní vlákniny a ligninu byla nejprve provedena příprava vzorků. Byla využita technologie filtračních sáčků (Filter Bag Technology). Filtrační sáčky určené pro stanovení detergentní vlákniny (F57, ANKOM, fa O.K. Servis Bio Pro), byly nadepsány a předsušeny. Sušení probíhalo při 103 °C po dobu 60 minut. Do každého sáčku bylo na analytických váhách naváženo pomocí skleněné lodičky 0,5 g homogenizovaného vzorku. Sáčky byly zataveny a obsah rovnoměrně rozložen po celé ploše sáčku. Každý vzorek byl analyzován dvakrát.

Pro analýzu byl využit přístroj ANKOM<sup>200</sup>. Pro stanovení NDF byly navážené vzorky vloženy do přístroje a přidán roztok (neutrální detergent, 2 000 ml), 1 000 ml destilované vody, 20 g siřičitanu sodného a 4 ml alfa-amylázy. Následně byly vzorky vařeny a poté promívány horkou vodou s alfou-amylázou. Oplach byl proveden celkem třikrát. Po promytí byly sáčky se vzorky vloženy do kádinky s acetonem. Po uplynutí 3-5 minut byly filtrační sáčky vyjmuty z kádinky a uloženy na drátěné síto a vysušeny vzduchem. Následně byly sáčky sušeny v sušárně při 102°C. Po zchladnutí byly sáčky zváženy.

Pro stanovení ADF, bylo do přístroje ANKOM<sup>200</sup> přidáno 2000 ml roztoku (kyselý detergent) a vzorky byly vařeny po dobu 60 min. Následně byly vzorky promívány horkou vodou. Promytí proběhlo celkem třikrát a před třetím oplachem byla voda otestována pomocí pH papíru. Pokud byla přítomna kyselina bylo máchání opakováno, dokud nebyla neutrální. Po dokončení oplachu byly sáčky vloženy do kádinky a opět byl přidán aceton. Filtrační sáčky byly namáčeny 3-5 minut a následně z acetonu vyjmuty a umístěny na drátěné síto a sušeny na vzduchu. Následně byly dosušeny v sušárně při 102 °C. Po zchladnutí byly sáčky zváženy.

Stanovení ADL probíhalo po stanovení ADF. Usušené vzorky byly vloženy do kádinky (3 l objem) a ponořeny do 72% kyseliny sírové. Sáčky byly promíchány v 30minutových intervalech. Po 3 hodinách byly sáčky opláchnuty vodou, tak aby byla odstraněna veškerá kyselina. Následně byly sáčky opláchnuty cca 250 ml acetonu. Sáčky byly vloženy do sušárny a sušeny po dobu 2-4 hodin při teplotě 105 °C. Po vychladnutí byly sáčky zváženy.

Množství detergentní vlákniny a acido-detergentního ligninu v krmivu bylo zjištěno porovnáním hmotnosti před a po spálení dle vzorce:

$$\% \text{ DF} = [100 * (\text{hmotnost sáčku po extrakci} - \text{hmotnost prázdného sáčku} \times \text{hmotnost kontrolního sáčku}) / \text{navážka vzorku}]$$

## 5 Výsledky

Cílem tohoto experimentu bylo hodnocení krmné dávky a množství vyloučeného fosforu do vnějšího prostředí u hřebců. Experiment probíhal v Národním hřebčíně Kladruba nad Labem. Sekundárním cílem bylo stanovení stravitelnosti živin obsažených v krmivu.

### 5.1 Živinové složení krmiv

Hřebci byly krmeni dietou, která obsahovala 10 kg sena, 2,5 kg ječmene a 0,8 kg Formula Kladruba. V tabulce jsou uvedeny hodnoty průměrného denního příjmu krmiva včetně množství jednotlivých živin. Hodnoty jsou uvedené v jednotce g/kg.

Průměrný obsah písku v 1 kg sena byl 17,98 g, v 1 kg Formule byl 6,915 g a v 1 kg ječmene byl obsah písku 5,376 g. Celková denní krmná dávka tedy obsahovala 198,747 g písku.

Tab.č. 7: Množství průměrně přijatých živin ks/den v původní hmotě krmiva (g/kg)

Množství průměrně přijatých živin ks/den v původní hmotě krmiva (g/kg)										
Krmivo	Původní hmota [kg]	Sušina [g]	Popelovina [g]	NL [g]	Ca [g]	P [g]	NDF [g]	ADF [g]	ADL [g]	Písek [g]
Seno	10	8271	658	419,26	40,8	31	3976,5	3419	312,5	179,775
Formula	0,8	714,4	100	104,9016	0,88	0,32	550,6	320,28	60,48	5,532
Ječmen	2,5	2178,5	90,825	275,75	0,85	10,375	1481	794,375	85	13,44
<b>Celkem</b>	<b>13,3</b>	<b>11163,9</b>	<b>848,825</b>	<b>799,9116</b>	<b>42,53</b>	<b>41,695</b>	<b>6008,1</b>	<b>4533,655</b>	<b>457,98</b>	<b>198,747</b>

### 5.2 Živinové složení ve výkalech

Zdánlivá stravitelnost byla vypočtena pomocí vzorce pro stanovení stravitelnosti indikátorovou metodou.

$$\text{Stravitelnost} = 100 - \left( \frac{i_{\text{krm}} \times \check{z}_{\text{výk}}}{i_{\text{výk}} \times \check{z}_{\text{krm}}} \right) \times 100$$

$i_{\text{krm}}$  – procento indikátoru v sušině krmiva

$\check{z}_{\text{výk}}$  – procento živiny obsažené v sušině výkalů

$i_{\text{výk}}$  – procento indikátoru v sušině výkalů

$\check{z}_{\text{krm}}$  – procento živiny v sušině krmiva

Tab.č. 8: Průměrná stravitelnost živin během jednotlivých odběrů

Průměrná stravitelnost živin během jednotlivých odběrů (%)							
	popeloviny	NL	NDF	ADF	OH	Ca	P
Odběr č.1	50,3	62,2	46,1	59,9	58,1	51,1	46,6
Odběr č.2	53,6	65,2	61,6	71,7	63,5	52,3	38,8
Odběr č.3	47,9	46,0	46,9	59,5	57,1	33,0	19,0
Odběr č.4	54,0	59,6	52,1	64,9	61,8	54,6	38,5
Odběr č.5	54,4	61,7	55,9	66,9	64,6	51,3	39,6
Odběr č.6	59,4	73,7	63,3	72,3	70,2	67,8	62,2

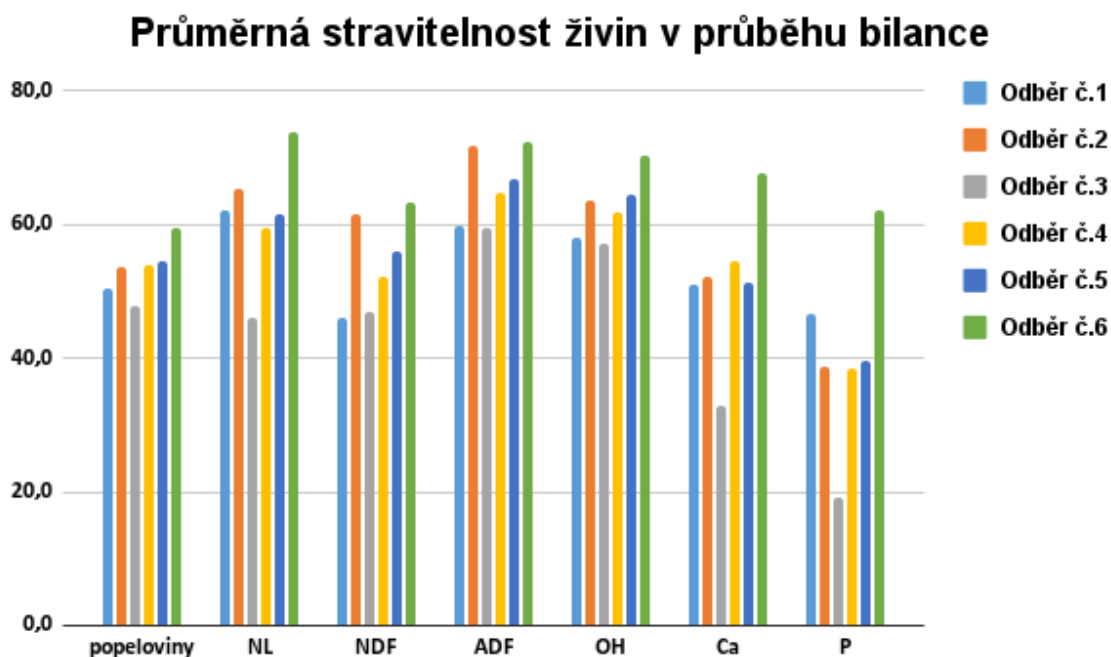
Tabulka č. 5 se zabývá průměrnou stravitelností živin během jednotlivých odběrů. V pokusu byla využita indikátorová metoda s použitím indikátoru písku. Pro odhalení možných odlehlých hodnot byl proveden Grubbsův test. Test byl proveden při hladině významnosti  $\alpha=0,05$ . Při této hladině významnosti a při počtu měření  $n=6$  byla stanovena kritická hodnota  $T - 1,887$ . Grubbsův test neprokázal přítomnost odlehlých hodnot. Ze souboru tedy nebyly vyloučeny žádné hodnoty. S těmito hodnotami bylo pracováno v další tabulce.

Tab.č. 9: Průměrná stravitelnost živin u hřebců za období pokusu

Průměrná stravitelnost živin u hřebců za období pokusu (%)					
	Aritmetický průměr	Směrodatná odchylka	Medián	Minimum	Maximum
popeloviny	53,280	4,365	52,844	44,326	60,379
NL	61,416	8,933	61,244	40,445	75,927
NDF	54,315	10,702	52,239	39,497	76,666
ADF	65,862	8,390	63,419	54,420	84,127
OH	62,550	6,188	60,808	52,395	75,276
Ca	51,659	12,595	52,409	21,774	71,523
P	40,785	16,602	41,307	1,302	67,710

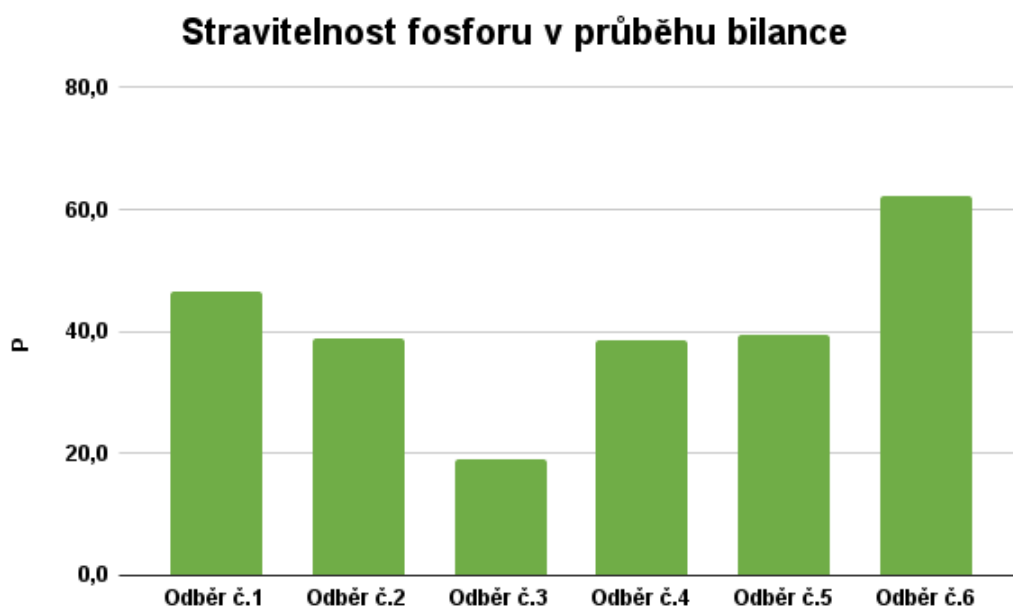
Tabulka č. 6 se zabývá průměrnou stravitelností živin u hřebců za celé období pokusu. Tabulka byla zpracována z průměrných hodnot během všech šesti odběrů vzorků. V tabulce nebyla zahrnuta stravitelnost sušiny. Průměrná stravitelnost u NDF byla za celé období 54,315 % se standartní odchylkou 10,702 %, u ADF 65,862 % se standartní odchylkou 8,39 %. Průměrná stravitelnost u fosforu byla za celé období 40,785 % se standartní odchylkou 16,6 %. Průměrná stravitelnost u vápníku byla 51,659 % se standartní odchylkou 12,595 %.

Graf č. 1: Průměrná stravitelnost živin v průběhu bilance



Graf č. 1 znázorňuje průměrnou stravitelnost popelovin, dusíkatých látek, neutrálně-detergentní vlákniny, acido-detergentní vlákniny, organické hmoty, vápníku a fosforu během jednotlivých odběrů vzorků. Během třetího odběru byla provedena chyba v měření, jelikož management chovu se během pokusu nezměnil.

Graf č. 2: Stravitelnost fosforu v průběhu bilance



Graf č. 2 stravitelnosti fosforu v průběhu bilance má lineárně stoupající tendenci. Pokles během třetího odběru, lze odůvodnit chybou v měření. Z grafu č. 3 porovnávající průměrný příjem fosforu a jeho vylučování, je evidentní vysoký obsah vyloučeného fosforu oproti přijatému. Průměrný obsah P v krmné dávce ve 100% sušině byl 0,35 % a průměrný obsah fosforu ve výkalech ve 100% sušině byl 0,54 %.

Graf č. 3: Porovnání průměrného P v krmivu a ve výkalech u hřebců



## 6 Diskuze

Výživa ovlivňuje zdraví zvířat a jejich welfare. Podávané diety by se měly odvíjet od plemenné příslušnosti, zdravotního stavu, živé hmotnosti, věku koně ale i jeho fyzické aktivity. Nejdůležitějším dodavatelem živin je sušina. Potřeba sušiny se zvyšuje spolu s hmotností zvířete a pracovním zatížením (NRC 2007). Potřeba sušiny se pohybuje okolo 2 kg na 100 kg živé hmotnosti. U dospělého koně o hmotnosti 600 kg, by se měl příjem sušiny pohybovat okolo 12 kg na den (Zeman et al. 2005). Dle Meyer & Coenen 2003 by měl být příjem sušiny od 1,4 % do 3,9 % z živé hmotnosti jedince. Příjem sušiny u hřebců v Kladrubech nad Labem, byl 11,164 kg, což odpovídá 1,86 % živé hmotnosti.

Potřeba dusíkatých látek je ovlivněna pracovním zatížením koně. Koně v lehké až střední zátěži, kam lze zařadit i hřebce by měli dostávat 790-1129 g na den dusíkatých látek. Maximální retence lze dosáhnout při podávání 1016 g/d dusíkatých látek (Frape 2013). Koně v experimentu dostávali 799,9 g dusíkatých látek na den a stravitelnost byla 61,42 % se standardní odchylkou 8,933 % za celé období. Pagan (2004) uvádí stravitelnost dusíkatých látek 71 % se standardní odchylkou 5,20 %. U sledovaných koní v experimentu byla stravitelnost dusíkatých látek nižší. Tento rozdíl mohl být zapříčiněn chybou v měření během třetího odběru.

Průměrný příjem popelovin v krmné dávce byl 848,82 g na den a průměrná stravitelnost 53,28 % se standardní odchylkou 4,365 %. Pagan (2004) uvádí stravitelnost popelovin 43,4 % se standardní odchylkou 12,7 %. Od uváděné hodnoty se hodnota v experimentu lišila o 9,88 %.

Pagan (2004) uvádí hodnotu pro stravitelnost u NDF 43,4 % se standardní odchylkou 14,5 %. Příjem neutrálně-detergentní vlákniny za celé bilanční období byl 6008,1 g na den. Stravitelnost byla vypočtena na 54,315 % se standardní odchylkou 10,7 %. Naměřená hodnota se od uváděné hodnoty lišila o 10,915 %. Denní příjem ADF byl u hřebců 4 533,7 g na den a stravitelnost byla vypočtena na 65,862 % se standardní odchylkou 8,39 %.

Nutriční požadavky na vápník jsou u hřebců mimo připouštěcí sezónu 24 g na den a během připouštěcí sezóny 36 g na den. Obsah vápníku v sušině by měl ideálně být 0,15-1,5 % (NRC 2007). Průměrný denní příjem během experimentu byl 42,53 g a obsah vápníku v sušině byl 0,38 %. Průměrná stravitelnost byla 51,66 % se standardní odchylkou 12,595 %. Dle Pagan (2004) je stravitelnost vápníku 44 % se standardní odchylkou 14,3 %. V experimentu byla průměrná stravitelnost o 7,66 % vyšší než udávaná hodnota. Při posledním odběru byla stravitelnost nejvyšší (67,8 %), což lze přičíst počínající připouštěcí sezóně.

Požadavky na příjem fosforu jsou u hřebců mimo připouštěcí sezónu 16,8 g na den a během připouštěcí sezóny 21,6 g na den. Ideální obsah fosforu v sušině 0,15-0,6 % (NRC 2007). Hřebci dostávali 41,7 g fosforu na den a obsah fosforu v sušině byl 0,37 %. Průměrná stravitelnost v experimentu byla 40,785 % se standardní odchylkou 16,6 %, což je méně než uvádí NRC (2007). Stravitelnost fosforu stoupla při posledním odběru, což může být opět zapříčiněno startem připouštěcí sezóny a vyšší fyzickou aktivitou. Snížená vstřebatelnost fosforu může být zapříčiněna vyšším příjmem oproti doporučené dávce. Waren et al. (2013) ve své studii uvádí pokles stravitelnosti fosforu až o 18 % při zvýšení dávky fosforu na 300 % z doporučené dávky.



Důležitý je také poměr vápníku a fosforu v koňské dietě. Ideálním poměr Ca:P je 1,2:1. Hodnota fosforu by neměla klesnout pod 1. V experimentu hřebci přijímali vápník a fosfor v poměru 1,02:1 a bylo by tedy možné navýšení vápníku v krmné dávce.

Vylučování fosforu výkaly bylo u hřebců 0,58 % ve stoprocentní sušině. Dle Ögren et al. (2013) je obsah vyloučeného fosforu trusem od 0,51 % až do 0,94 % u dospělých koní. Dle Saastamoinen et al. (2020) je obsah fosforu v koňkých výkalech od 1,7 % do 2 %. Toto nesouhlasí s výsledky našeho experimentu na hřebcích, kde se hodnota vyloučeného fosforu pohybuje okolo 0,58 %. Naměřené hodnoty odpovídají hodnotám, které uvádí Ögren et al. (2013).

V koňském těle dochází k částečné samoregulaci při nadměrném příjmu fosforu. Kůň může vylučovat nevyužitý fosfor trusem (Doorn et al. 2004). Koně, kteří jsou krmeni dietou s přidavkem komerčně vyráběných krmiv, mají vyšší obsah vyloučeného fosforu oproti koním, kteří mají dietu založenou na bázi ovsa (Hainze et al. 2004). Při porovnání hodnot z výzkumu Hainze et al. (2004), lze s jeho tvrzením souhlasit.

Saastamoinen et al. (2020) uvádí, že vysoké zastoupení fosforu v koňském trusu může ovlivnit kvalitu vod. Úpravou krmné dávky je možné regulovat vstřebávání fosforu a jeho následné vylučování do okolního prostředí. Dle Westendorf & Williams (2015) se fosfor dostává do vod spíše povrchovým odtokem než vyluhováním do podzemních vod. Nelze tedy tvrdit, že koňské výkaly jsou méně škodlivé než trus od jiných hospodářských zvířat jako uvádí NRC (2007).

Hypotézou toho experimentu bylo potvrdit nebo vyvrátit, zda množství fosforu v krmné dávce plemenných hřebců nebude převyšovat jeho faktickou spotřebu a nezvýší tak dopad chovu koní na životní prostředí v důsledku nadměrného vylučování fosforu do vnějšího prostředí. Hypotézu nelze potvrdit. Stravitelnost fosforu byla nižší, než uvádí NRC (2007). Množství spotřebovaného fosforu v těle bylo nižší než hodnota vyloučeného fosforu trusem. Chov hřebců by tedy mohl mít dopad na životní prostředí. Pro minimalizaci vylučování fosforu, by byla vhodná úprava krmné dávky na dietu s nižším obsahem fosforu. Pro optimální snížení množství vylučovaného fosforu, by bylo vhodné zvolit dietu na bázi sena a ovsa.

## 7 Závěr

Kůň provází člověka již několi tisíc let. O jeho zvláštním postavení mezi ostatními zvířaty svědčí jeho motiv v malířství, sochařství a literatuře. V dnešní době jsou koně využíváni zejména na sport a dále v lesnictví. Při využití koní v lesnictví je patrný jejich pozitivní vliv na životní prostředí. Při současné zvýšené poptávce po jezdeckém sportu a zvyšujícím se počtu chovaných koní, přichází nutnost zkoumání environmentálních dopadů chovu koní.

Experiment byl proveden v Národním hřebčíně Kladruby nad Labem a zabýval se vylučováním a hodnocením využitelnosti fosforu u plemených hřebců. Z výsledků bylo zjištěno, že hřebcům byla podávána krmná dávka, která obsahovala více fosforu, než bylo doporučováno. S tímto zjištěním souvisela i stravitelnost, která se v průměru pohybovala okolo 40,785 %. Snížená stravitelnost mohla být způsobena vyšším příjmem fosforu oproti doporučené dávce.

Vylučování fosforu do vnějšího prostředí bylo 0,58 % ve stoprocentní sušině. Vyšší množství fosforu v trusu by mohlo mít dopad na vnější prostředí. Se zvyšující se intenzitou chovu koní, je tedy důležité podávat vyvážené krmné dávky, které neobsahují nadměrné množství fosforu. Správným managementem lze ovlivnit dopad chovu koní na životní prostředí a snížit eutrofizaci vod.

V budoucnu bude nezbytné provedení dalších experimentů, které by se zabývaly vylučováním fosforu do vnějšího prostředí. Experiment by měl být zaměřen zejména na rozpustnou část vyloučeného fosforu v trusu, který představuje největší riziko pro životní prostředí.

## 8 Literatura

Baban M, Sakač M, Budimir K. 2011. Nutritional significance of minerals in horse feeding. *Journal of Animal Science* **19**: 47-52.

Bennett EM, Schipanski ME. 2013. *The Phosphorus Cycle. Fundamentals of Ecosystem Science*, New York. ISBN: 9780120887743.

Blikslager AT, Wilson DA. 2019. *Equine Surgery*. Elsevier, New York. ISBN: 9780323484206

Briggs K. 2014. Finding Fiber in Horse Feeds. *Journal of Animal Science* **16**:268-279.

Brown-Douglas C. 2009. The balancing act of growing a sound athletic horse. Pages 203-213 in Pagan J, editor. *Advances in Equine Nutrition IV*. Nottingham University Press, USA. ISBN: 9781904761877.

Cehak A, Wilkens MR, Guschlbauer M, Mrochen N, Schröder B, Feige K, Breves G. 2012. *In vitro* studies on intestinal calcium and phosphate transport in horses. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* **161**:259-264.

Contri A, De Amicis I, Molinari A, Faustini M, Gramenzi A, Robbe D, Carluccio A. 2011. Effect of dietary antioxidant supplementation on fresh semen quality in stallion. *Theriogenology* **75**:1319-1326.

Cordell D, Rosemarin A, Schröder JJ, Smit AL. 2011. Towards global phosphorus security: A systems framework for phosphorus recovery and reuse options. *Chemosphere* **84**:747-758.

Cunha TJ. 2012. *Horse feeding and nutrition*. Academic Press, London. ISBN: 0121965619.

Davidson N, Harris P. 2007. *Nutrition and Welfare*. Waltham Centre for Pet Nutrition, Leicestershire. ISBN: 9781402061424.

Davies, Z. 2009. *Introduction to horse nutrition*. Wiley-Blackwell, Chichester. ISBN: 9781405169981.

Durham AE, White NA. 2008. The gastrointestinal tract of performance horses: medical, nutritional and surgical considerations. Pages 39-68 in Lindner A, editor. *The acute poorly performing sport horse*. Wageningen Academic Publishers. Netherlands. ISBN: 9789086860722.

Dušek J. 2011. *Chov koní. Brázda*. Praha. ISBN: 9788020903884.

- Dušek J. 2007. Chov koní. Brázda. Praha. ISBN: 8020903526.
- Dvořáčková J, Doležal P, Hladký J, Vyskočil I. 2011. Hodnocení výživné hodnoty krmiv. Mendlova univerzita v Brně. Brno.
- Elghandour M, Ravi KRP, Abdelfattah S, Pandu RRP, Iqbal H, Barbabosa-Pliego A, Duvvuru Y. 2018. Feed Additives in Horse Nutrition. Journal of Equine Veterinary Science **66**:67-77.
- Forejtová J, Lád F, Třináctý J, Richter M, Gruber L, Doležal P, Homolka P, Pavelek L. 2011. Comparison of organic matter digestibility determined by *in vivo* and *in vitro* methods. Czech Journal of Animal Science **50**:47-53.
- Fowler AL, Hansen TL, Strasinger LA, Harlow BE, Lawrence LM. 2015. Phosphorus digestibility and phytate degradation by yearlings and mature horses. Journal of Animal Science. **93**:5735-5742.
- Fowler AL, Strasinger LA, Hansen TL, Davis BE, Hayes SH, Lawrence LM. 2013. The availability of dietary phosphorus to long yearlings and mature horses. Journal of Equine Veterinary Science **33**:342-343.
- Fowler A, Lawrence L. 2019. 95 Emerging Young Scholar: Impact of phosphorus recycling on the equine phosphorus requirement. Journal of Animal Science **97**:33-34.
- Frape D. 2013. Equine Nutrition and Feeding. John Wiley, Great Britain. ISBN: 9781405195461.
- Furtado CE, Tosi H, Vitti DM. 2000. Perda endógena e absorção real de fósforo em dietas para eqüinos em crescimento. Pesquisa Agropecuária Brasileira **35**:1023-1028.
- Georg RJ, Harrisová P, Coenen M. 2013. Equine Applied and Clinical Nutrition: Health, Welfare and Performance. Saunders, Edinburgh. ISBN: 978-0-7020-3422-0.
- Geor R, Harris P, Coenen M. 2013. Equine Applied and Clinical Nutrition. Saunders, Edinburgh. ISBN: 9780702034220.
- Glatter M, Bochnia M, Wensch-Dorendorf M, Greef JM, Zeyner A. 2021. Feed Intake Parameters of Horses Fed Soaked or Steamed Hay and Hygienic Quality of Hay Stored following Treatment. Animals **11**.
- Goel RK, Motlagh AM. 2014. Biological Phosphorus Removal. Comprehensive Water Quality and Purification. Elsevier, New York. ISBN: 9780123821836

- Goumenou AG, Matalliotakis IM, Koumantakis GE, Panidis DK. 2003. The role of leptin in fertility. *European Journal of Obstetrics & Gynecology and Reproductive Biology* **106**:118-124.
- Hainze MTM, Muntifering RB, Wood CW, McCall CA, Wood BH. 2004. Faecal phosphorus excretion from horses fed typical diets with and without added phytase. *Animal Feed Science and Technology* **117**:265-279.
- Harlow BE, Lawrence LM, Hayes SH, Crum A, Flythe MD, Loh G. 2016. Effect of Dietary Starch Source and Concentration on Equine Fecal Microbiota. *PLOS ONE* **11**:1932-6203.
- Hinchcliff KW, Kaneps JK, Geor RJ. 2008. *Equine exercise physiology: the science of exercise in the athletic horse*. Elsevier, New York. ISBN: 9780702028571.
- Jansson A, Harris P, Davey SL, Luthersson N, Ragnarsson S, Ringmark S. 2021. Straw as an Alternative to Grass Forage in Horses – Effects on Post-Prandial Metabolic Profile, Energy Intake. Behaviour and Gastric Ulceration. *Animals* **11**: 9-12.
- Jelínek P, Koudela K. 2003. *Fyziologie hospodářských zvířat*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN: 8071576441.
- Jeroch H, Čermák B, Kroupová V. 2006. *Základy výživy a krmení hospodářských zvířat: vědecká monografie*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice. ISBN: 8070408731.
- Kamr AM, Dembek KA, Hildreth BE, Morresey PR, Rathgeber RA, Burns TA, Zaghawa AA, Toribio RE. 2018. The FGF -23/klotho axis and its relationship with phosphorus, calcium, vitamin D, PTH, aldosterone, severity of disease, and outcome in hospitalised foals. *Equine Veterinary Journal* **50**:739-746.
- Kienze E, Zorn N. 2006. *Bioavailability of Minerals in the Horse*. European Equine Nutrition & Health Congress. Ghent University.
- König HE, Liebich HG. 2007. *Veterinary Anatomy of Domestic Mammals: Textbook and Colour Atlas*. Schattauer Verlag, Stuttgart. ISBN: 9783794524853.
- Kopp R, Hilscherová K, Poštulková E. 2015. *Základy vodní ekotoxikologie*. Mendelova univerzita v Brně, Brno. ISBN: 9788075093349.
- Kumar V, Sinha AK, Makkar HPS, Becker K. 2010. Dietary roles of phytate and phytase in human nutrition: A review. *Food Chemistry* **120**:945-959.

Lavin TE, Nielsen BD, Trottier NL, Woodward AD, O'Connor-Robison CI, Hill GM. 2009. Impact of Different Dietary Constituents on Phosphorus Balance in Mature Horses. *Journal of Equine Veterinary Science* **29**:359-360.

Lavin TE, Nielsen BD, Zingsheim JN, O'Connor-Robison CI, Link JE, Hill GM, Shelton J. 2013. Effects of phytase supplementation in mature horses fed alfalfa hay and pelleted concentrate diets. *Journal of Animal Science* **91**:719-1727.

Lewis LD. 2013. *Feeding and care of the horse*. Blackwell Publishing, Australia. ISBN: 9780683049671

Lin Q, Zhang K, Shen J, Lin E. 2019. Integrating long-term dynamics of ecosystem services into restoration and management of large shallow lakes. *Science of The Total Environment* **671**:66-75.

Li Y, Liu Y, Zhao L, Hastings A, Guo H. 2015. Exploring change of internal nutrients cycling in a shallow lake: A dynamic nutrient driven phytoplankton model. *Ecological Modelling* **313**:137-148.

Manghat P, Sodi R, Swaminathan R. 2014. Phosphate homeostasis and disorders. *Annals of Clinical Biochemistry: International Journal of Laboratory Medicine* **51**:631-656.

Mantovani R, Bailoni L. 2011. Energy and protein allowances and requirements in stallions during the breeding season, comparing different nutritional systems. *Journal of Animal Science* **89**:2113-2122.

Marounek M. 2004. Význam kyseliny fytové ve výživě zvířat a lidí a důsledky její přítomnosti v krmivech a potravinách. Výzkumný ústav živočišné výroby. Praha. Available from: <https://vuzv.cz/wp-content/uploads/2019/10/studie-marounek.pdf> (accessed February 2022).

Meyer H, Manfred C. 2003. *Pferdefütterung*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart. ISBN: 9783830440215

McDonald P, Greenhalgh JFD, Morgan CA, Edwards R, Sinclair L, Wilkinson R. 2011. *Animal Nutrition*. Pearson Education Limited, Harlow. ISBN: 1408204231.

Mok CH, Urschel KL. 2020. Invited Review: Amino acid requirements in horses. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* **33**:679-695.

Morris-Stoker LB, Pipkin JL, Baker LA, Bachman RC, Haliburton JC. 2001. The effect of supplemental phytase on nutrient digestibility in mature horses. *Equine Nutr. Physiol. Symp*, Kentucky.

Muscher-Banse A, Hattendorf J, Pfeffer E, Breves G, Huber K. 2008. Hormonal regulation of phosphate homeostasis in goats during transition to rumination. *Journal of Comparative Physiology B* **178**:585-596.

National Research Council of the National Academies. 2007. *Nutrient Requirements of Horses*. 6th revised ed. National Academies Press. Washington, DC. ISBN: 9780309102124.

Ögren G, Holtenius K, Jansson A. 2013. Phosphorus balance and fecal losses in growing Standardbred horses in training fed forage-only diets. *Journal of Animal Science* **91**:2749-2755.

Oke S. 2010. Vitamins and Minerals. The Horse. Available from <https://thehorse.com/197816/small-but-essential-vitamins-and-minerals-your-horse-needs/> (accessed January 2022).

Oliveira AAMA, Furtado, CE, Vitti DMSS, Resende FD, Filho SLSC, Tosi H, Winkler B. 2008. Phosphorus bioavailability in diets for growing horses. *Livestock Science* **116**:90-95.

Oppeltová P. 2015. *Ochrana vodních zdrojů*. Mendelova univerzita v Brně, Brno. ISBN: 9788075092182.

Pagan JD. 2004. *Advances in equine nutrition III*. Kentucky Equine Research, USA. ISBN: 1904761283.

Pagan JD. 2009. *Advances in Equine Nutrition IV*. Nottingham University Press, USA. ISBN: 9781904761877.

Pagan JD 2012. *Forages: The Foundation for Equine Gastrointestinal Health*. Pagan, Joe D. (ed.). *Advances in Equine Nutrition IV*. Nottingham University Press, Nottingham. ISBN: 9781908062130.

Parvage MM, Ulén B, Kirchmann H. 2015. Are horse paddocks threatening water quality through excess loading of nutrients?. *Journal of Environmental Management* **147**:306-313.

Parvage MM, Ulén B, Kirchmann H. 2013. A survey of soil phosphorus (P) and nitrogen (N) in Swedish horse paddocks. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **178**:1-9.

Parvage MM, Ulén B, Kirchmann H. 2017. Can Organic Materials Reduce Excess Nutrient Leaching from Manure-Rich Paddock Soils?. *Journal of Environmental Quality* **46**:105-112.

Parvage MM, Kirchmann H, Kynkäänniemi P, Ulén B. 2011. Impact of horse grazing and feeding on phosphorus concentrations in soil and drainage water. *Soil Use and Management*.

Reece WO. 2011. *Fyziologie a funkční anatomie domácích zvířat*. Grada, Praha. ISBN: 9788024732824.

Rodrigues PG, de Moura RS, Rocha LGP, Bottino MP, Nichi M, Maculan R, Bertechini AG, Souza JC. 2017. Dietary Polyunsaturated Fatty Acid Supplementation Improves the Quality of Stallion Cryopreserved Semen. *Journal of Equine Veterinary Science* **54**:18-23.

Ruiz AJ, Tibary A, Heaton RA, Hargreaves IP, Leadon DP, Bayly WM. 2021. Effects of Feeding Coenzyme Q10-Ubiquinol on Plasma Coenzyme Q10 Concentrations and Semen Quality in Stallions. *Journal of Equine Veterinary Science* **96**.

Ruttenberg KC. 2003. *The Global Phosphorus Cycle. Treatise on Geochemistry*. Elsevier, New York. ISBN: 9780080437514.

Saastamoinen M, Särkijärvi S, Valtonen E. 2020. The Effect of Diet Composition on the Digestibility and Fecal Excretion of Phosphorus in Horses: A Potential Risk of P Leaching?. *Animals* **10**.

Selle PH, Ravindran V. 2007. Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology* **135**:1-41.

Selle PH, Ravindran V. 2008. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. *Livestock Science* **113**:99-122.

Selvaraju S, Sivasubramani T, Raghavendra BS, Raju P, Rao SBN, Dineshkumar D, Ravindra JP. 2012. Effect of dietary energy on seminal plasma insulin-like growth factor-I (IGF-I), serum IGF-I and testosterone levels, semen quality and fertility in adult rams. *Theriogenology* **78**:646-655.

Scholz RW, Ulrich AE, Eilittä M, Roy A. 2013. Sustainable use of phosphorus: A finite resource. *Science of The Total Environment* **461**:799-803.

Stubbs G. 2015. *The Anatomy of the Horse*. Pallas Athene, Athene. ISBN: 18436800033



- Tay CJ, Mohd MH, Teh SY, Koh HL. 2022. Internal phosphorus recycling promotes rich and complex dynamics in an algae-phosphorus model: Implications for eutrophication management. *Journal of Theoretical Biology* **532**.
- Toribio RE. 2011. Disorders of Calcium and Phosphate Metabolism in Horses. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice* **27**:129-147.
- Toribio RE. 2015. Phosphorus homeostasis and derangements. Pages 88-100 in Fielding LC, Magdesian GC, editors. *Equine Fluid Therapy*. John Wiley, Hoboken. ISBN: 978047096138-4.
- Troesch, B., Jing, H., Laillou, A., Fowler, A. 2013. Absorption Studies Show that Phytase from *Aspergillus niger* Significantly Increases Iron and Zinc Bioavailability from Phytate-Rich Foods. *Food and Nutrition Bulletin* **34**:90-101.
- van Doorn DA, Everts H, Wouterse H, Homan S, Beynen AC. 2011. Influence of high phosphorus intake on salivary and plasma concentrations, and urinary phosphorus excretion in mature ponies. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* **95**:154-160.
- van Doorn DA, Schaafstra FJWC, Wouterse H, Everts H, Estepa JC, Aguilera-Tejero E, Beynen AC. 2014. Repeated measurements of P retention in ponies fed rations with various Ca: P ratios. *Journal of Animal Science* **92**:4981-4990.
- Vermaire JC, Taranu ZE, MacDonald GK, Velghe K, Bennett EM, Gregory-Eaves I. 2017. Extrinsic vs. Intrinsic Regimes Shifts in Shallow Lakes: Long-Term Response of Cyanobacterial Blooms to Historical Catchment Phosphorus Loading and Climate Warming. *Frontiers in Ecology and Evolution* **5**.
- Vohra A, Satyanarayana T. 2008. Phytases: Microbial Sources, Production, Purification, and Potential Biotechnological Applications. *Critical Reviews in Biotechnology* **23**:29-60.
- Warren LK, Weir JM, Harris PA, Kivipelto J. 2013. Effect of total phosphorus and phytate-phosphorus intake on phosphorus digestibility in horses. *Journal of Equine Veterinary Science* **33**.
- Westendorf ML, Williams CA. 2015. Effects of Excess Dietary Phosphorus on Fecal Phosphorus Excretion and Water Extractable Phosphorus in Horses. *Journal of Equine Veterinary Science* **35**:495-498.
- Withers PJA, Jarvie HP. 2008. Delivery and cycling of phosphorus in rivers: A review. *Science of The Total Environment* **400**:379-395.

Zeman L. 2005. Potřeba živin a tabulky výživné hodnoty krmiv pro koně. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno. ISBN: 9788071578550.

Zhao X, Müller CE. 2016. Macro- and micromineral content of wrapped forages for horses. *Grass and Forage Science* **71**:195-207.

## 9 Seznam obrázků

Obr. č. 1: Schéma stravitelnosti živin .....	20
Obr. č. 2: Model pro odhad skutečné stravitelnosti fosforu a jeho nutriční potřeby na základě pevně dané hodnoty ztrát endogenního fosforu, tj. 10 mg/kg tělesné hmotnosti a skutečné stravitelnosti fosforu 35 % (NRC 2007).....	31
Obr. č. 3: Laboratorní analýza sena (laboratoř Písek).....	I
Obr. č. 4: Laboratorní analýza ječmen (laboratoř Písek) .....	II
Obr. č. 5: Formula Kladruby (Národní hřebčín Kladruby nad Labem) .....	III

## 10 Seznam tabulek

Tab.č. 1: Čas potřebný k sežrání 1 kg krmiva koně - 500 kg ž. hm. (Zeman et al. 2005).....	11
Tab.č. 2: Obsah kyseliny fytové v semenech obilovin (Marounek 2004) .....	26
Tab.č. 3: Doporučený příjem fosforu a vápníku podle NRC 2007.....	28
Tab.č. 4: Harmonogram odběru vzorků trus .....	38
Tab.č. 5: Pořadí mineralizačních tub ve stojanu .....	41
Tab.č. 6: Opakovatelnost vzorků .....	42
Tab.č. 7: Množství průměrně přijatých živin ks/den v původní hmotě krmiva (g/kg).....	44
Tab.č. 8: Průměrná stravitelnost živin během jednotlivých odběrů.....	45
Tab.č. 9: Průměrná stravitelnost živin u hřebců za období pokusu .....	45

## 11 Seznam použitých zkratek a symbolů

ADF	Acido-detergentní vláknina
ADL	Acido-detergentní lignin
ADP	Adenosintrifosfát
AMP	Adenosinmonofosfát
ATP	Adenosintrifosfát
Ca	Vápník
ČZU	Česká zemědělská univerzita
DF	Detergentní vláknina
IGF-1	Insulin like growth factor-1
KMVD	Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky
NDF	Neutrálně-detergentní vláknina
VÚŽV	Výzkumný ústav živočišné výroby v.v.i.

## 12 Samostatné přílohy

### Příloha I. Laboratorní analýza sena



Ing. Josef Němec - Laboratoř Písek  
U Ovčína 49, Nový Dvůr, Písek 39701  
tel.: 608029776 email: posta@laborator-pisek.cz

#### Hodnocení krmiva č. 15025-11-2020

Zákazník: Národní hřebčín Kladruby nad Labem  
Označení vzorku: Kladruby NH - , seno  
Datum odběru: 11.11.2020

parametr	jednotka	ve hmotě	v sušině
sušina	g/kg	827,10	1000
popel	g/kg	65,80	79,55
dusíkaté látky NL	g/kg	75,19	90,91
stravitelnost NL	%		22,37
rozpuštěné NL (A+B1)	% NL		48,04
Frakce B2	% NL		2,40
NDV NL (B3+C)	% NL		49,56
Frakce B3	% NL		7,65
ADV NL (C)	% NL		41,91
PDIA	g/kg	22,98	27,78
PDIN	g/kg	47,06	56,90
PDIE	g/kg	59,30	71,70
vláknina	g/kg	283,49	342,75
NDV	g/kg	560,33	677,46
ADV	g/kg	318,57	385,17
ADL	g/kg	73,05	88,32
cukr	g/kg	64,75	78,28
škrob	g/kg		
tuk	g/kg	26,87	32,49
BNVL	g/kg	375,75	454,30
BE	MJ/kg	15,07	18,22
ME	MJ/kg	6,23	7,54
NEL 1xINRA2007	MJ/kg	3,51	4,24
NEV 1xINRA2007	MJ/kg	3,11	3,76
NEL 1xROBINSON	MJ/kg	3,07	3,72
NEL 3xROBINSON	MJ/kg	2,78	3,37
vápník Ca	g/kg	4,08	4,94
fosfor P	g/kg	3,10	3,75
sodík Na	g/kg	0,61	0,74
draslík K	g/kg	18,21	22,01
hořčík Mg	g/kg	1,46	1,77
kyselina mléčná	g/kg		
kyselina octová	g/kg		
kyselina propionová	g/kg		
kyselina mášelná	g/kg		
pH			
amoniak	g/kg		
proteolýza	%		
KVV	mg KOH/l		

Zpracoval(a): Ing. Pavel Bican

dne 26.11.2020

Obr. č. 3: Laboratorní analýza sena (laboratoř Písek)

Příloha II. Laboratorní analýza Ječmen



Ing. Josef Němec - Laboratoř Písek  
 U Ovčína 49, Nový Dvůr, Písek 39701  
 tel.: 608029776 email: posta@laborator-pisek.cz

Hodnocení krmiva č. 15027-11-2020

Zákazník: Národní hřebčín Kladruby nad Labem  
 Označení vzorku: Kladruby NH -, Mačkaný ječmen  
 Datum odběru: 11.11.2020

parametr	jednotka	ve hmotě	v sušině
sušina	g/kg	871,40	1000
popel	g/kg	36,33	41,69
dusíkaté látky NL	g/kg	112,47	129,07
stravitelnost NL	%		64,55
rozpuštěné NL (A+B1)	% NL		32,4
Frakce B2	% NL		51,45
NDV NL (B3+C)	% NL		16,15
Frakce B3	% NL		5,41
ADV NL (C)	% NL		10,74
PDIA	g/kg	19,57	22,46
PDIN	g/kg	70,70	81,13
PDIE	g/kg	65,76	75,47
vláknina	g/kg	52,57	60,33
NDV	g/kg	179,99	206,55
ADV	g/kg	91,42	104,91
ADL	g/kg	19,12	21,94
cukr	g/kg	27,78	31,88
škrob	g/kg	399,13	458,03
tuk	g/kg	28,92	33,19
BNVL	g/kg	641,11	735,72
BE	MJ/kg	16,04	18,41
ME	MJ/kg	9,57	10,98
NEL 1xINRA2007	MJ/kg	5,80	6,66
NEV 1xINRA2007	MJ/kg	5,88	6,75
NEL 1xROBINSON	MJ/kg	7,77	8,92
NEL 3xROBINSON	MJ/kg	6,51	7,47
vápník Ca	g/kg	0,34	0,39
fosfor P	g/kg	4,15	4,76
sodík Na	g/kg	0,09	0,10
draslík K	g/kg	7,41	8,50
hořčík Mg	g/kg	1,18	1,35
kyselina mléčná	g/kg		
kyselina octová	g/kg		
kyselina propionová	g/kg		
kyselina másečná	g/kg		
pH			
amoniak	g/kg		
proteolýza	%		
KVV	mg KOH/l		

Zpracoval(a): Ing. Pavel Bican

dne 26.11.2020

Obr. č. 4: Laboratorní analýza ječmen (laboratoř Písek)

Příloha III. Etiketa Formula Kladruby

## FORMULA Kladruby – chov 2020

Doplňkové krmivo pro chovné koně  
Výrobce : Dibaq a.s.

Helvíkovice 90, 564 01 Žamberk

schvalovací identifikační číslo provozu: aCZ 800335-02

Surovinové složení : pšeničné otruby, kukuřice, voštekškové úsušky, ječmen, sojový šrot GM, sojový olej, dihydrogenfosforečnan vápenatý, chlorid sodný.

Charakteristika : Doplňkové krmivo pro chovné koně. Pro všechny druhy koní. Obsahuje vitaminy A, B1, B2, B6, B12, E, K, C, D3, niacin, cholinchlorid, biotin, selenomethionin ze *Saccharomyces cerevisiae* NCYC R397.

Krmný návod : Krmivo se podává v doporučené množství samostatně nebo zamíchané s dalším jedním krmivem v suchém nebo zvlhčeném stavu.

Dávkování : 0,5-1 kg / ks / den

Analytické složky:

Hrubý protein	%	12,9
Hrubé oleje a tuky	%	4,7
Hrubá vláknina	%	6,8
Hrubý popel	%	12,5
Na	%	0,8

Obsah doplňkových látek v 1 kg:

Stopové prvky	mg	341
Zn (oxid zinečnatý a chelat zinku a aminokyselin n-hydrát)	mg	370
Mn (oxid manganatý a chelat manganu a aminokyselin n-hydrát)	mg	197
Cu (sírán měďnatý pentahydrát a chelat mědi a aminokyselin n-hydrát)	mg	2,7
Se (selenomethionin ze <i>Saccharomyces cerevisiae</i> NCYC R397)	mg	2,7
Vitaminy	mg	46000
Vitamin A	mg	3900
Vitamin D3	mg	300
Vitamin E (jako alfa-tokoferol)	mg	70
niacinamid	mg	20
Vitamin B1	mg	35
Vitamin B2	mg	21
Vitamin B6	mg	79
Vitamin B12	mg	63
Pantothenan vápenatý	mg	4,8
Kyselina listová	mg	1000
Cholinchlorid	mg	1,5
Biotin	mg	70
Vitamin C	mg	70

Minimální trvanlivost do 9. 9. 2021

Číslo partie: 0201109484

Hmotnost : 25 kg

Upozornění : „Tento výrobek obsahuje geneticky modifikované organismy.“ Určeno pro zvířata v zájmovém chovu!

Skladování : na paletách, v suchu a tmnu

E-mail : diban@dibaq.cz

Obr. č. 5: Formula Kladruby (Národní hřebčín Kladruby nad Labem)