

**Universita Karlova v Praze**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**Ústav pro životní prostředí**

Studijní program: Ekologie a ochrana životního prostředí  
Studijní obor: Ochrana životního prostředí



**Vodní stopa kravského mléka pro dva typy hospodářství  
v Libereckém kraji**

**Water footprint of the cow milk for two types of production systems  
in the Liberec Region**

Vedoucí práce: doc. PaedDr. Tomáš Hák, Ph.D.

Vypracovala: **Bc. Daniela Hojcková**

květen 2016

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejaté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze, 16. 5. 2016

Podpis:

## **Poděkování**

Mé poděkování patří v první řadě vedoucímu mé diplomové práce, doc. PaedDr. Tomáši Hákoví, Ph.D., za vždy vstřícný přístup a velkou dávku trpělivosti, dále za mnohé rady a připomínky, které byly nápomocné při tvorbě práce.

Za ochotnou spolupráci velice děkuji Miloši Kubánkovi, který je zootechnikem ve velkokapacitním kravíně Rváčov, a také Tomáši Macháčkovi, který je zootechnikem Farmy Bzí. Oběma pánům děkuji za poctivé vyplnění dotazníků při sběru dat, za vstřícný přístup a odpovědi na mé otázky. Děkuji také za prohlídku obou podniků.

Můj velký dík patří mým rodičům, především mé mamince, která se v průběhu tohoto náročného období o mě nemálo starala a často hlídala mou malou dceru. Děkuji i svému otci, který posléze tuto náročnou štafetu hlídání mé dcery také podstupoval.

Velmi děkuji všem lidem, kteří mě v počátcích vzniku této práce podpořili a pomohli mi chopit se tohoto náročného úkolu, který se pro mě zdál být po několikaleté studijní pauze téměř nezdolatelný. Jmenovitě bych chtěla poděkovat Ing. Ladislavu Kolovi, který vynaložil velké úsilí při hledání vhodného chovu krav a zprostředkoval mi komunikaci s Farmou Bzí.

Za formální úpravu práce děkuji Ondřeji Janáčkovi.

## Abstrakt

Vodní stopa je mnohorozměrný indikátor, který byl vytvořen se záměrem kvantifikovat celkový objem vody využitý člověkem pro různé účely. Pomocí vodní stopy je možné určit objem a druh vody, která byla přímo i nepřímo využita během výroby produktu v daném místě a čase. Data o vodních stopách produktů se využívají také při hodnocení mezinárodního obchodu se zbožím (koncept virtuální vody sloužící pro analýzu vývozu zátěže vodních zdrojů ze země, která dováží produkty náročné na vodu). Největší množství vody je globálně využíváno pro zemědělskou produkci. Zemědělské výrobky tak patří mezi výrobky s největší vodní stopou. Objektem zájmu je vodní stopa zemědělské produkce a cílem této práce je podat první výsledky o vodní stopě kravského mléka v České republice a zároveň ověřit metodiku výpočtu. Pro výzkum byly vybrány dvě farmy v Libereckém kraji zabývající se tržní produkcí mléka. Farma Rváčov představuje intenzivní hospodářský systém, zatímco farma Bzí smíšený hospodářský systém s prvky extenzivního i intenzivního hospodaření. Pro porovnání mléčných výnosů byla použita metoda korekce mléka podle energetické hodnoty. Výpočet byl proveden podle metody hodnocení vodní stopy, která je v souladu se standardy vyvinutými organizací Water Footprint Network. Z výsledků vyplývá, že přes 99 % celkové vodní stopy každé farmy je tvořeno zelenou vodou, což je virtuální voda obsažená v krmivu. Největší položku modré vody tvořila voda na pití pro dobytek, která zaujímala u intenzivního systému 67 % a u smíšeného 84 %. Vodní stopa surového mléka v intenzivním systému byla stanovena na 852 m<sup>3</sup>/t pro zelenou a 6 m<sup>3</sup>/t pro modrou vodu. Obě složky vodní stopy pro surové mléko vykazovaly u smíšeného systému nižší hodnoty, tj. 595 m<sup>3</sup>/t pro zelenou a 3 m<sup>3</sup>/t pro modrou vodu. Nižší hodnota vodní stopy, která byla zjištěna u smíšeného hospodářského systému, je pravděpodobně způsobena vyšší účinností výroby mléka. To je zřejmě dáno prodlouženou dobou laktanční periody a typem plemene.

**Klíčová slova:** indikátor, vodní stopa, virtuální voda, produkce mléka, hospodářský systém.

## **Abstract**

The water footprint is a multidimensional indicator which was created to quantify the total volume of freshwater used for various purposes. With the water footprint it is possible to determine the volume and type of water used directly and indirectly during the production in a given place and time. The data related to the water footprints of products are utilized in the evaluation of the international trade with goods, too (a concept of virtual water used for the analysis of water stress export out of the country which imports water-intensive products). The greatest amount of water is used globally in the agriculture, so the agricultural products are the ones with the highest water footprints. The focus of concern is the water footprint of an agriculture production and the aim of this work is to bring the first results regarding the water footprint of the cow milk in the Czech Republic and also to evaluate a methodology of its calculation. Two dairy farms dealing with a market production of milk from the Liberec region were chosen for the research. The farm Rváčov is oriented to an intensive milk production and on the other hand the farm Bzí is a system with mixed elements of extensive and intensive characters of the dairy production. For the comparison of the milk production effectiveness we have used a method of milk correction according to its energy content, which is in accordance with the standards developed by the Water Footprint Network organization. We have found that over 99 % of the water footprint of each farm consists of so-called “green water”, which is the water contained in the feed. The most significant ratio of the “blue water” is the drinking water for the cattle – 67 % in the intensively oriented system and 84 % in the mixed system. It was found that the water footprint of raw milk in the intensively oriented system is 852 m<sup>3</sup>/t and 6 m<sup>3</sup>/t for the green and the blue water respectively. In the mixed system the relevant values are 595 m<sup>3</sup>/t and 3 m<sup>3</sup>/t for the green and the blue water respectively. The lower value of the water footprint of the mixed system is probably caused by higher efficiency of milk production. This is probably related to a prolonged lactation period and a breed of the cattle.

**Keywords:** indicator, water footprint, virtual water, milk production, dairy production system.

## OBSAH:

<b>1. Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2. Literární rešerše</b> .....	<b>10</b>
2.1. <i>Voda jako základní zdroj života a její nedostatek</i> .....	10
2.1.1. Zásoby vody na Zemi .....	10
2.1.2. Globální koloběh vody .....	11
2.1.3. Projevy nedostatku vody ve světě .....	12
2.2. <i>Standardní vodohospodářské ukazatele</i> .....	14
2.2.1. Spotřeba vody .....	15
2.2.2. Odběry podzemních a povrchových vod .....	15
2.2.3. Index intenzity využití vody .....	16
2.3. <i>Vodní hospodářství v České republice</i> .....	16
2.3.1. Využití vody .....	17
2.3.2. Hydrologická bilance .....	19
2.3.3. Výskyt extrémních jevů .....	20
2.3.4. Retence vody v krajině .....	23
2.3.5. Shrnutí vodní situace v ČR .....	24
2.3.6. Přidaná hodnota indikátoru vodní stopa oproti konvenčním ukazatelům .....	25
2.4. <i>Představení indikátoru vodní stopa</i> .....	26
2.4.1. Koncept virtuální vody.....	27
2.4.2. Virtuální voda .....	28
2.4.3. Koncept vodní stopy .....	28
2.4.4. Definice vodní stopy .....	29
2.4.5. Složky vodní stopy .....	30
2.5. <i>Chov skotu v České republice</i> .....	31
2.5.1. Stručná historie chovu skotu .....	32
2.5.2. Typy hospodářských systémů .....	34
2.5.3. Nejčastěji užívaná plemena skotu .....	35
2.5.4. Růst a vývoj zvířat .....	37
<b>3. Metodika a data</b> .....	<b>39</b>
3.1. <i>Stanovení hranic systémů</i> .....	39
3.2. <i>Sběr dat</i> .....	39
3.2.1. Velkokapacitní kravín Rváčov .....	39
3.2.2. Farma Bzí .....	40

3.2.3. Charakteristické rysy produkčních systémů .....	42
3.2.4. Spotřeba vody na pití .....	43
3.2.5. Spotřeba vody na služby.....	43
3.2.6. Objem a složení potravy pro dobytek .....	44
3.2.7. Vodní stopy plodin.....	47
3.2.8. Voda obsažená v krmné směsi .....	49
3.3. <i>Výpočet vodní stopy produktu</i> .....	49
3.3.1. Vodní stopa výstupních produktů .....	51
<b>4. Výsledky a diskuse .....</b>	<b>53</b>
<b>5. Závěr .....</b>	<b>58</b>
<b>Seznam zkratk .....</b>	<b>59</b>
<b>Seznam tabulek .....</b>	<b>60</b>
<b>Seznam obrázků .....</b>	<b>61</b>
<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>62</b>

# 1. Úvod

Termín „stopa“ se často používá jako metafora. Poukazuje tak na fakt, že si lidstvo přivlastňuje významnou část dostupných přírodních zdrojů (země, energie, voda). Ale stejně jako „ekologická stopa“ a „uhlíková stopa“, je „vodní stopa“ více než pouhou metaforou. Pro výpočet vodní stopy produktu, spotřebitele, společností, států nebo podniků je stanoven přesný výpočetní rámec s přesně definovanými měřitelnými veličinami a jsou použity osvědčené postupy (Hoekstra et. al., 2009)

Hoekstra a Chapagain (2008) uvedli, že zobrazení skryté vody za produkty může pomoci porozumět globální hodnotě sladké vody a kvantifikovat vliv spotřeby a obchodu na využití vodních zdrojů. Lepší porozumění může vytvořit základnu pro lepší management sladkovodních zdrojů (Hoekstra et al. 2011).

V celkové vodní stopě lidstva zaujímá vodní stopa související se spotřebou živočišných produktů podstatnou část. Podle Hoekstry a Chapagaina (2007, 2008) je asi 85 % vodní stopy lidstva spojeno se spotřebou zemědělských produktů, 10 % se spotřebou průmyslových produktů a pouze 5 % se spotřebou v domácnostech. Uvnitř kategorie zemědělských produktů mají živočišné produkty všeobecně mnohem větší vodní stopu na kilogram nebo kalorickou hodnotu než rostlinné produkty (D'Sylva, Webster eds., 2010).

V posledních několika dekádách byl celosvětově zaznamenán významný posun ve spotřebních vzorcích potravy směrem k většímu množství živočišných produktů. Hlavní zásluhu na tomto posunu mají rostoucí ekonomiky a zvyšování individuálních příjmů. Globální produkce masa se mezi roky 1980 a 2004 téměř zdvojnásobila s největším podílem růstu v rozvojových zemích (FAO, 2005; In: Mekonnen, Hoekstra 2010). Zatímco spotřeba živočišných produktů v mnoha relativně bohatých státech stagnuje na vysokých úrovních, rychlý růst pokračuje zvláště v Číně a ve východní Asii (Steinfeld et al., 2006).

S výjimkou Chapagaina a Hoekstry (2003, 2004) dosud žádná studie neodhadovala vodní stopu živočišných produktů podle typu produktu a země na globální úrovni (Mekonnen, Hoekstra, 2010). Ačkoli Chapagain a Hoekstra (2003, 2004) byli schopni



odhadnout vodní stopu hospodářských zvířat a živočišných produktů, přijali velmi hrubý předpoklad o složení a množství potravy spotřebované různými zvířaty. K tomu byly použity vodní stopy krmných plodin odhadnuté na základě národních průměrů klimatických dat. Mekonnen a Hoekstra (2010) se pokusili zpřesnit odhad složení potravy a jejího množství pro kategorii zvířat a použili lepší odhad vodní stopy na krmnou plodinu.

Cílem diplomové práce je ověřit metodiku vodní stopy vytvořenou organizací Water Footprint Network a přinést první výsledky o vodní stopě kravského mléka v ČR. Pro výpočet byly vybrány dvě farmy v Libereckém kraji, které se zabývají tržní produkcí mléka. Hlavní údaje o spotřebě vody pro dobytek, o složení a množství potravy a o produkci mléka byly získány formou dotazníku a rozhovorů během osobní návštěvy podniků.

Výpočet sestává na rozdíl od předchozích studií uvedených výše, které používaly top-down přístup, na opačném přístupu bottom-up. Výpočet tedy dostává přesnější formu, neboť jsou použita primární data.

#### **Cíle diplomové práce:**

- ověřit metodiku vodní stopy vytvořenou organizací Water Footprint Network,
- přinést první výsledky o vodní stopě kravského mléka v České republice.

## **2. Literární rešerše**

Od Dublinské konference v roce 1992 je široce přijímáno, že voda je vzácný zdroj, se kterým by se mělo zacházet jako s ekonomickým statkem (Chapagain, Hoekstra, 2003).

Že zásoby vody nejsou nevyčerpatelné, uvádí i Evropská vodní charta, která byla vyhlášena již v roce 1968. Dále také deklaruje, že je nezbytné zásoby vody udržovat, chránit a podle možnosti rozhojňovat. Ochrana vody vyžaduje zintenzivnění vědeckého výzkumu, výchovu odborníků a informování veřejnosti. (Hák, 2008)

Hrozbě nedostatku vody a sucha je celosvětově věnována velká pozornost (Postel, 1992). Je však překvapivě složité určit, zda je voda v globálním měřítku opravdu vzácným zdrojem. První příčinou nedostatku vody, může být její fyzická nedostupnost (problém se zásobováním). Je-li však voda dostupná, je na vině spíše špatné vodní hospodářství (problém s požadavky).

### **2.1. Voda jako základní zdroj života a její nedostatek**

Vodní zdroje zaujímají zvláštní místo mezi jinými přírodními zdroji. Voda je základem života na zemi. Je hlavní složkou životního prostředí a esenciálním prvkem pro lidský život. Voda je také nezbytná pro udržování a vysokou kvalitu života a pro ekonomický a sociální rozvoj. Voda velmi ovlivňuje lidské zdraví. Znečištěná voda, přebytek či nedostatek vody mohou způsobit nemoci, kalamity a poškození životního prostředí. Během posledních dvaceti let se ukázalo, že přírodní zdroje, zvláště vodní zdroje, jsou omezené a že by měly být rozumně využívány pro udržitelný rozvoj lidské společnosti, naplnění současných a budoucích požadavků a udržení dobrého stavu životního prostředí. (Shiklomanov, 2000)

#### **2.1.1. Zásoby vody na Zemi**

Spolehlivé ohodnocení vodních zásob na zemi je velmi složité, protože voda je velmi dynamický prvek. Je v neustálém pohybu přecházející mezi tekutou, pevnou a plynnou fází. Navíc je pro kvantitativní odhad zásob vody nutné definovat formu (volnou nebo vázanou) a objem (oblast) vody na naší planetě. (Shiklomanov, 2000)

Celkové množství vody v hydrosféře sestává z volné vody v tekutém, pevném a plynném stavu v atmosféře, na zemském povrchu a v zemské kůře do hloubky 2000 metrů. Podle přibližných odhadů (Korzoun, 1974, 1978; In Shiklomanov, 2000) obsahuje zemská hydrosféra obrovské množství vody, okolo 1,389 milionů kubických kilometrů ( $\text{km}^3$ ). Nicméně 97,5 % z tohoto množství tvoří slaná voda. Pouze 2,5 % tvoří voda sladká. Největší část sladké vody (68,7 %) je ve formě ledu a permafrostu v Antarktidě, Arktidě a v horských oblastech. Podzemní voda zahrnuje 29,9 % zdrojů sladké vody. Pouze 0,26 % celkového množství sladké vody na zemi je soustředěno v jezerech, rezervoárech a říčních systémech. Poslední uvedené zdroje vody jsou nejdostupnější pro ekonomické potřeby a jsou velmi důležité pro vodní ekosystémy (Shiklomanov, 2000)

Říční voda je velmi důležitá v globálním hydrologickém cyklu a pro zásobování lidstva sladkou vodou. Je to kvůli faktu, že role jednotlivých komponent v přeměně vody na zemi závisí jak na hodnotě vodních zásob, tak na jejich dynamice. Různé druhy hydrosférické vody jsou plně obnoveny během různě dlouhé periody v procesu hydrologického cyklu. Perioda pro obnovení mořské vody je cca 2 500 let pro oceánskou vodu, 10 000 let pro permafrost a polární led a 1 500 let pro hlubokou podzemní vodu a horské ledovce (Korzoun, 1974, 1978; In: Shiklomanov, 2000). Vodní zásoby v jezerech jsou plně obnoveny za 17 let a v řekách za 16 dnů. (Shiklomanov, 2000)

Podle Wetzela (1985, In: Lellák a Kubíček, 1991) je doba obnovení různých částí hydrologické vody ještě delší: pro oceány až 37 000 let, pro polární led a ledovce 16 000 let, pro podzemní vodu 300 let, pro sladkovodní jezera a jiné nádrže 1-100 let, pro půdní vlhkost 280 let, pro řeky 12-20 dnů a pro atmosférickou vlhkost 9 dnů.

### **2.1.2. Globální koloběh vody**

Lellák a Kubíček (1991) uvádějí, že všechny typy ekosystémů jsou svým vznikem a existencí závislé na atmosférických srážkách a koloběhu vody v biosféře, který jde přes atmosférický stupeň. Přes atmosférický stupeň se uskutečňuje distribuce vody na celém zemském povrchu. Globální oběh vody je přitom velmi rychlý. Zadržení vody v atmosféře činí pouhých 8,7 dne; za rok se obsah atmosférické vody obnoví 41,8krát (Hutchinson, 1957). Průměrné roční srážky činí  $520\,000\text{ km}^3$  vody, tj.  $1\,010\text{ mm.rok}^{-1}$ .

Průměrný obsah vody v zemské atmosféře činí asi 12 400 km<sup>3</sup>. Na kontinenty se z vody odpařené z hladiny světových oceánů a moří dostává jenom asi 10 %. Větší část vodního koloběhu probíhá nad oceány. Molekulární vodík unikající do kosmického prostoru je nahrazen juvenilní vodou ze sopečné činnosti.

Nároky na zdroje sladkých vod se zvyšují nejenom růstem populace člověka, ale současně i rychlým růstem potřeby a spotřeby vody na osobu a den (sensu Bulíček, 1972). Je to důsledek rozvoje techniky a technologie výroby, růstu průmyslové i zemědělské produkce a spotřeby a procesu urbanizace, k níž dochází ve vyspělých, ale i v rozvojových zemích. Veškeré zásoby sladkých vod jsou obnovovány pouze dešťovými srážkami. Roční úhrn dešťů dopadajících na pevninskou část zemského povrchu činí asi 105 000 km<sup>3</sup>; z toho do oceánů odtéká řekami asi jedna třetina, tj. asi 37 500 km<sup>3</sup> (Vallentyne, 1972). Zbylé dvě třetiny se vracejí do ovzduší odparem z půdy a evapotranspirací rostlin. (Lellák, Kubíček, 1991)

### **2.1.3. Projevy nedostatku vody ve světě**

Nedostatek vody v mnoha oblastech je způsoben řadou příčin, zejména však tím, že rozložení dešťových srážek a světových vodních zdrojů je velmi nerovnoměrné. Nebezpečný není absolutní nedostatek vody, ale problém zásobování deficitních oblastí vodou z oblastí s přebytkem vody. V současné době trpí asi jedna třetina zemského povrchu naprostým nedostatkem vody. (Lellák a Kubíček, 1991)

Voda se proto stává nenahraditelnou složkou uspokojování potřeb obyvatelstva a základní podmínkou existence živých organismů. V globálním měřítku je rovněž důležitou průmyslovou surovinou. Zemědělská výroba a její rajonizace je v mnoha oblastech Země limitována nedostatkem vodních zdrojů. (Lellák a Kubíček, 1991)

Malý podíl sladkých vod, který má lidstvo k dispozici při rychle rostoucích nárocích na mnohostranné využívání stávajících zdrojů vody, je nápadný. Rostou nároky na přímou spotřebu pitné a užitkové vody od zemědělských závlah, průmyslu, rybářské produkce až po rekreaci a dopravní síť. Přitom je třeba konstatovat, že s vodními zdroji a jejich kvalitou člověk zachází velmi nešetrně. (Lellák a Kubíček, 1991)

Vícenásobné využití různých služeb, ať už ve stejném čase nebo naopak v různém čase (řeky pro pitnou vodu, koupání nebo ryby), je běžnou záležitostí. Je ovšem zřejmé, že v některých případech poskytování určité služby vylučuje poskytování služby jiné, a je věcí společenského rozhodnutí, které dát přednost. Dostatečná, únosná, adekvátní či přijatelná úroveň té které přírodní služby se dá velmi těžko definovat nějakým obecně přijatelným, objektivním způsobem, protože má zásadně relativní charakter, je proměnlivá v místě i čase, a zejména závislá na postojích a chování lidí, na jejich vnímání a přijímání nebo nepřijímání dané situace.

Fyzickým nedostatkem vody trpí státy v hustě obydlených aridních oblastech. Tento vážný problém se dotýká zvláště střední a západní Asie a severní Afriky. Ve zbylé většině světa je nedostatek vody na úrovni státu způsoben vzrůstajícími požadavky na zásobování.

Bylo potvrzeno, že odběr vody pro potřebu v domácnostech, výrobu potravy a průmysl, má vliv na ekosystémy v mnoha částech světa. Dokonce i v těch, které nejsou považovány za chudé na vodní zdroje. V nadcházejících desetiletích bude voda hlavním omezujícím faktorem v zemědělství zvláště v Asii a Africe, to bude vyžadovat významné ústavní změny. Vyrůstající spotřeba vody však představuje daleko větší hrozbu. Od roku 1950 se využití vody v globálním měřítku více než ztrojnásobilo, neboť se zvýšily požadavky na využití vody v zemědělství, průmyslu a ve městech (S. Postel, 1992).

Vzhledem ke vzrůstající světové populaci se zvyšuje tlak na sladkovodní zdroje. Mnohem více jsou tímto jevem postiženy státy v aridních oblastech, jejichž klimatické podmínky jsou pro zadržování vody v krajině nepříznivé.

Voda je jeden ze základních zdrojů při produkci potravy, což z ní činí kritický faktor pro zabezpečení potravin. Dosažení potravinového zabezpečení rostoucího počtu lidí se stejným množstvím vody je tedy naléhavou společenskou záležitostí (Wenhold at al., 2007).

Neúprosný vzrůst požadavků na vodu důležitou pro růst potravy, pro podporu průmyslu a údržbu městských a venkovských populací vede k vzrůstajícímu tlaku na zdroje sladké vody v mnoha částech světa a způsobuje tak její nedostatek. Stoupající

počet řek nyní po značnou část roku vysychá před dosažením moře. V mnoha oblastech je spodní voda čerpána v takovém množství, že přesahuje její doplňování, zmenšují se kolektory a základní odtok z řek (Postel S. L., 2000; In: Hoekstra et. al., 2012). Vlády, podniky a společnosti jsou stále více znepokojeny budoucí dostupností a udržitelností dodávek vody (WWAP, 2009, In: Hoekstra et. al., 2012).

V roce 1995 prohlásil viceprezident Světové banky (Serageldin, 1995), že ve dvacátém století se vedlo mnoho válek kvůli ropě a ve dvacátém prvním století to bude kvůli vodě, protože tlaky na vodní zdroje rostou s přibýváním obyvatelstva a urbanizace. Tyto výzvy zazněly i na Světovém ekonomickém fóru v Davosu v lednu 2008. (Hák, 2008)

Významné riziko těchto konfliktů představují země s vysokým počtem obyvatel v suchých oblastech, kde hranice mezi jednotlivými státy tvoří velká řeka, kterou spolu státy sdílí. Počet obyvatel těchto zemí tvoří čtyřicet procent lidstva. V tomto ohledu je nejnebezpečnější oblast Středního východu a severní Afriky. Předpokládá se, že populační růst nejen v Sub-saharské Africe způsobí, že v režimu vodního stresu bude žít až 80 % populace (UNDP, 2006).

Existují tři ohniska značného sváru: řeka Nil, životodárný zdroj pro čtyři země – Egypt, Súdán, Ugandu a Etiopii, jejichž počet obyvatelstva vzrůstá každý rok o milion; dalším ohniskem je řeka Jordán, ze které odčerpává Izrael převážné množství vody na úkor sousedících států; třetí oblastí jsou toky Eufratu a Tigridu, které zásobují Turecko, Sýrii a Irák. Turecko je se svými patnácti přehradami v nejvýhodnější pozici. Je schopno odčerpat až polovinu Eufratu. Nejzranitelnější oblastí je Irák, který je závislý ze čtyř pětín na vodě přitékající ze zahraničí. (Hák, 2008)

## **2.2. Standardní vodohospodářské ukazatele**

Mezi standardní vodohospodářské ukazatele patří: spotřeba vody, odběry podzemních a povrchových vod a index intenzity využití vody.

### 2.2.1. Spotřeba vody

Jedná se o ukazatel spotřeby vody v domácnosti napojené na vodovodní řad. Udává se v jednotkách  $l.os^{-1}.den^{-1}$ . Tato hodnota se velmi liší nejen mezinárodně, ale i v rámci jedné země, např. mezi venkovem a městem. V USA dosahuje hodnot okolo  $500 l.os^{-1}.den^{-1}$ , v Evropě se pohybuje hodnota od 150 do  $250 l.os^{-1}.den^{-1}$ . Asi tři čtvrtiny obyvatel Země mají přístup pouze k 50 l vody denně. (Hák, 2008)

### 2.2.2. Odběry podzemních a povrchových vod

Odběry podzemních a povrchových vod se používají samostatně a uvádějí se v jednotkách  $m^3$ . V ČR jsou od roku 2001 do evidence odběrů zařazeny pouze odběry podzemních vod přesahující  $6\,000 m^3$  za rok nebo  $500 m^3$  za měsíc. Před přijetím zákona č. 254/2001 Sb. byl tento limit  $15\,000 m^3.rok^{-1}$  nebo  $1\,250 m^3.měsíc^{-1}$ . Přitom se předpokládá, že odběry nepřesahující tento limit jsou ve svém celkovém množství natolik malé, že nemají z hlediska celkové bilance vliv a je možno je zanedbat. Analýzou dat z let 2002-2013 bylo zjištěno, že odběry o velikosti menší než  $15\,000 m^3.rok^{-1}$  tvoří v průměru 39,5 % odebrané vody evidované ve vodní bilanci (min. 32,5 %; max. 47,5 %). Řada údajů před rokem 2001 je tak neporovnatelná s řadou po roce 2001. (Ansorge, Zeman, 2015)

Podkladem pro zjišťování údajů o odběrech povrchových vod jsou hlášení jednotlivých správců povodí, kteří odběry evidují. Do odběrů povrchových vod nebyly zahrnuty převody vody a vody odebrané pro rybníční soustavy kvůli sjednocení údajů. (MZe, 2013)

Oba tyto indikátory je možno členit po sektorech, sledovat průběh v čase nebo z nich vypočítat měrné hodnoty, například spotřebu na osobu (MZe, 2006). Nedostatkem těchto údajů je, že nepodávají informaci o udržitelnosti využívání vodních zdrojů. Z toho důvodu byly zavedeny další indikátory, které informují o intenzitě využití vodních zdrojů. (Hák, 2008)

### **2.2.3. Index intenzity využití vody**

Evropský statistický úřad (Eurostat) publikuje na svých stránkách jako jeden z indikátorů udržitelného rozvoje index intenzity využití vody. Vypočítává se jako podíl celkových ročních odběrů vody na dlouhodobém průměru celkových dostupných zásob vody v dané zemi. Přes jisté nedostatky tohoto indikátoru, které spočívají v tom, že nezohledňuje množství vody vracející se zpět do přírody po použití a vyčištění, představuje hodnota indexu překračující 10 % mírný stres, hodnota přes 20 % ukazuje na znepokojivou situaci v čerpání vody. Hodnota překračující 40 % je známkou kritické situace v odběrech vody. Pokud je z celkové disponibilní vody odebíráno méně než 10 %, netrpí země vodním stresem. (ČSÚ, 2015)

V České republice byla míra využití vody v roce 2004 podle indexu 12,7 %. V roce 2013 již míra využití vody činila pouze 10,3 % (Eurostat, 2015). Podle tohoto hodnocení lze tedy říci, že Česká republika vodním stresem netrpí.

### **2.3. Vodní hospodářství v České republice**

Česká republika s rozlohou 78 866 km<sup>2</sup> a počtem obyvatel 10,3 miliónu leží ve střední Evropě. Výška většiny území je mezi 200 a 600 m n. m. Leží v mírném klimatickém pásmu na severní polokouli, průměrná teplota ovzduší je 8 °C a průměrné roční srážky 693 mm. (MZe, 2013)

Česká republika leží na rozvodnici tří moří – Severního, Baltského a Černého. Prakticky všechny její významnější toky odvádějí vodu do sousedních zemí a vodní zdroje ČR tedy zcela závisejí na atmosférických srážkách. (MZe, 2013)

Výčet významných vodních toků je uveden ve vyhlášce č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků. Je to přehled 819 vodních toků o celkové délce 16 292,7 km, které spravují státní podniky Povodí. Páteřními toky jsou Labe (370 km) a Vltava (433 km) v Čechách, Morava (272 km) a Dyje (306 km) na jižní Moravě a Odra (135 km) s Opavou (131 km) na severu Moravy a ve Slezsku. Všechny ostatní vodní toky spadají do kategorie drobné vodní toky. (MZe, 2013)

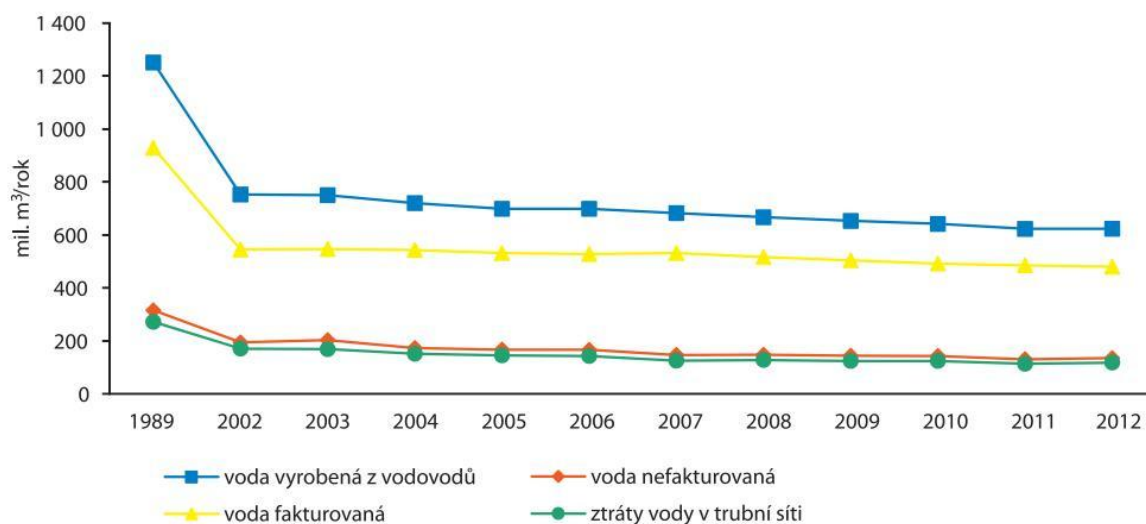


Úhrnná délka drobných vodních toků zanesených v mapách v měřítku 1:10 000 činí 91 717 km. Správa drobných vodních toků se provádí na základě příslušného určení MZe. K zajištění informovanosti veřejné správy a široké veřejnosti o správě vodního toku slouží „Evidence vodních toků“, která je přístupná v rámci Informačního systému VODA ČR. (MZe, 2013)

### 2.3.1. Využití vody

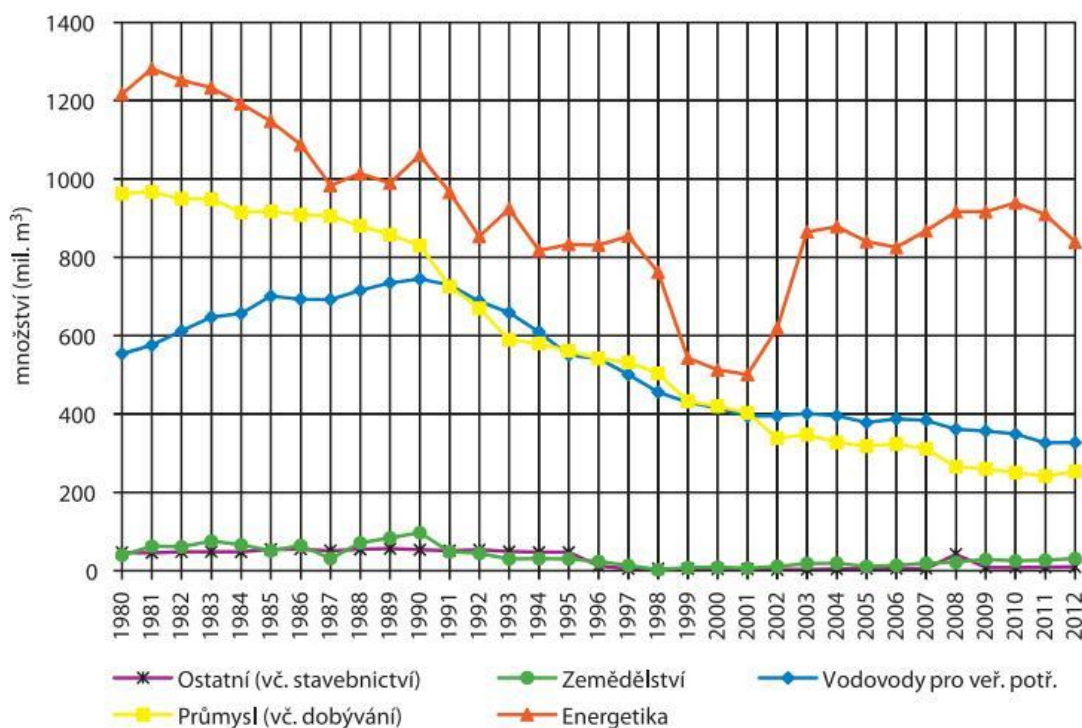
V roce 2014 bylo v České republice zásobováno pitnou vodou z vodovodů 9,8 mil. obyvatel, což činí 94,2 % z celkového počtu obyvatel. Zvýšení podílu zásobených obyvatel je dáno převážně výstavbou nových vodovodů v okrajových částech měst.

V roce 2014 činilo specifické množství fakturované vody domácnostem 87,3 l.os<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>, celkem pak 129,5 l.os<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>. Největší specifické množství vody fakturované celkem i domácnostem bylo mezi kraji vykázáno v loňském roce v Hlavním městě Praze (167,4 l.os<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>, resp. 106,0 l.os<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>) a nejnižší v kraji Zlínském (113,4 l.os<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>, resp. 75,7 l.os<sup>-1</sup>.den<sup>-1</sup>). Z obrázku 1 je patrné snižování spotřeby vody v domácnostech a u ostatních odběratelů. Podíl vodou zásobených obyvatel v roce 1989 byl 82,4 %. V roce 2012 činil již 93,5 %. (MZe, 2013)



Obrázek 1: Množství objemu vody vyrobené z vodovodů a fakturované vody celkem v letech 1989 a 2002–2012. (zdroj: ČSÚ)

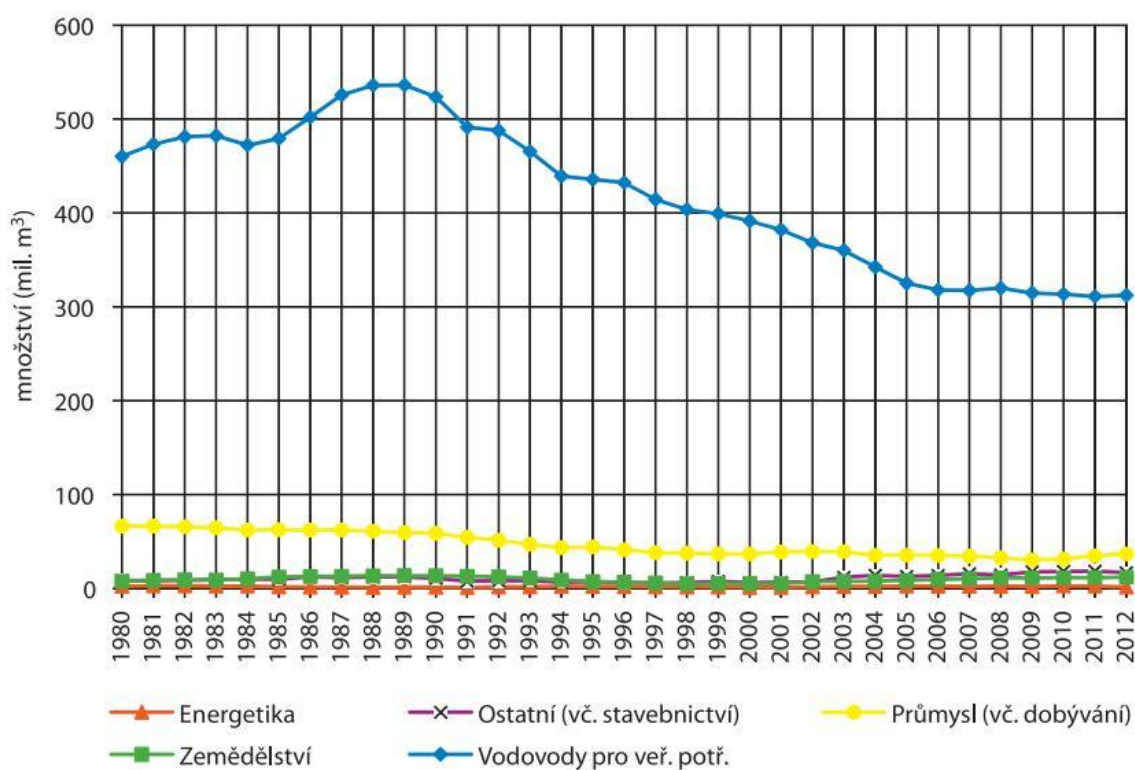
Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky z roku 2012 uvádí, že po roce 1990 nastal významný pokles využívání vodních zdrojů ve všech oblastech užívání vody. Trend poklesu odběrů z povrchových vod je znázorněn na obrázku 2. Důvodem byla náprava hodnotových vztahů za poskytované vodohospodářské služby a také změna struktury průmyslové a zemědělské výroby. V roce 2012 bylo odebíráno pouze 43,9 % množství roku 1990. Například odběr vody pro veřejnou potřebu se snížil od roku 1990 ze 744,9 mil. m<sup>3</sup> na 327,3 mil. m<sup>3</sup>. Nejvýraznější pokles lze pozorovat ve sféře průmyslu, kde nastalo snížení o 69,4 % z 830,1 mil. m<sup>3</sup> v roce 1990 na 253,7 mil. m<sup>3</sup> v roce 2012. V zemědělství se v těchto letech snížil odběr vody o 66,4 % z 92,2 mil. m<sup>3</sup> na 31,1 mil. m<sup>3</sup>. (MZe, 2012)



Obrázek 2: Odběry povrchových vod v ČR v letech 1980 až 2012. (zdroj: MZe, s. p. Povodí, In: MZe, 2012)

U odběrů podzemní vody pro veřejnou potřebu existoval trvalý pokles od roku 1990 až do roku 2006, jak je patrné z obrázku 3. Poté došlo k určitému zlomu ve vývojových trendech. V roce 2012 došlo vzhledem k roku 2011 ke stagnaci (nevýrazný nárůst z 311,3 mil. m<sup>3</sup> na 312,4 mil. m<sup>3</sup>, tj. o 0,4 %). Tato skutečnost svědčí o tom,

že zvyšování tempa poklesu v této kategorii odběrů dosáhlo svého maxima v minulých obdobích a nyní dochází spíše ke stagnaci. (MZe, 2012)



Obrázek 3: Odběry podzemních vod v ČR v letech 1980 až 2012. (zdroj: MZe, s. p. Povodí, In: MZe, 2012)

### 2.3.2. Hydrologická bilance

Hydrologická bilance přináší informace o zdrojích vody. Každý rok ji sestavuje Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). V bilanci porovnává přírůstky a úbytky vody a změny zásob v území za daný časový interval. Podrobně se tato bilance sestavuje za deset dílčích povodí. V České republice jsou jediným zdrojem vody srážky. Množství vody přitékající ze sousedních zemí do republiky je zcela zanedbatelné. Od hodnot srážek se dále odvíjejí hodnoty evapotranspirace, neboli odparu, a celkového odtoku vody z území. Tabulka 1 uvádí množství jednotlivých položek hydrologické bilance pro ČR v letech 2003-2012. (ČSÚ, 2015)

Tabulka 1: Obnovitelné vodní zdroje v letech 2003–2012 v mil. m<sup>3</sup>. (zdroj: ČHMÚ, In: MZe, 2012)

Položka	Roční hodnoty									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Srážky	40 695	53 629	57 730	55 837	59 544	48 818	58 676	68 692	49 449	54 812
Evapotranspirace	29 319	41 473	42 872	37 617	46 194	37 394	44 090	46 824	35 511	42 239
Roční přítok <sup>1)</sup>	524	640	781	1 070	637	462	714	781	482	492
Roční odtok <sup>2)</sup>	11 900	12 796	15 639	19 290	13 987	11 886	15 300	22 649	14 420	13 065
Zdroje povrchových vod <sup>3)</sup>	3 758	4 270	5 489	5 317	4 673	4 503	5 112	8 788	5 770	5 195
Využitelné zdroje podzemních vod <sup>4)</sup>	1 195	1 224	1 305	1 345	1 244	1 209	1 266	1 594	1 340	1 311

Pozn.: <sup>1)</sup> Roční přítok na území ČR z okolních států.

<sup>2)</sup> Roční odtok z území ČR.

<sup>3)</sup> Určuje se jako přítok v hlavních povodích s 95% zabezpečeností.

<sup>4)</sup> Jedná se o kvalifikovaný odhad, upřesnění je publikováno ČHMÚ až v II. pololetí 2013.

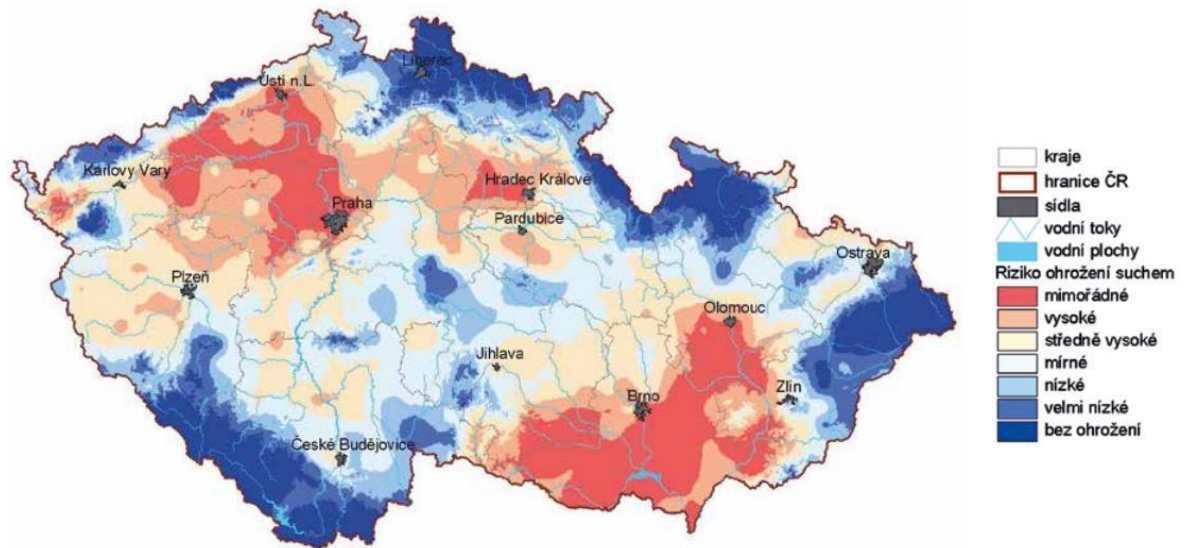
### 2.3.3. Výskyt extrémních jevů

Stav vodních zdrojů v České republice je ovlivňován výskytem hydrologických extrémů (povodně, sucha) mnohem více než ve většině evropských států. Je to zejména proto, že vodní zdroje České republiky jsou zcela závislé na atmosférických srážkách. V posledních dvaceti letech se vyskytlo na území České republiky devět významných až extrémních povodní (povodňové škody představovaly cca 190 mld. Kč), zatímco výrazné sucho se objevilo třikrát – v roce 2003, na jaře 2014 a v letním období 2015. (Punčochář et al. eds., 2015)

Kvalita prevence povodní se za posledních 18 let podstatně zvýšila a opatření na omezení následků povodní lze s využitím matematických modelů dobře připravit. V relativně krátkém čase je tak možné stanovit záplavová území a navrhnout i realizovat technická opatření, která objekty v zátopě ochrání. Charakter povodní je značně různorodý a v důsledku změny klimatu lze očekávat, že bude přibývat zejména přívalových („bleskových“) povodní. V důsledku toho jsou prováděna preventivní opatření u menších vodních toků (instalace varovných systémů, podpora malých poldrů a nádrží v povodí nad obcemi i další zpřesňování předpovědních služeb). (Punčochář et al. eds., 2015)

Dopady sucha však přicházejí pozvolna a jeho následky přinášejí výrazné hospodářské ztráty, protože postihují celou řadu výrobních sektorů. Příprava ochrany před suchem vyžaduje výrazně delší časové období, neboť opatření jsou nejen technická

(např. výstavba přehradních nádrží), ale také systémová – v zemědělství (zvýšení retence vody v půdě), v průmyslu (recyklace použitých vod, změna technologií), změna využívání krajiny, nakládání se srážkovými vodami apod. (Punčochář et al. eds., 2015)



Obrázek 4: Mapka zemědělského sucha z vyhodnocení situace v období 1961–2000. (Zdroj: Punčochář et al. eds., 2015)

Na obrázku 4 jsou uvedeny lokality s historicky nejčastějším výskytem sucha od roku 1961 do roku 2000. Oblasti byly definovány na základě vyhodnocení dlouholetých údajů Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). (Punčochář et al. eds., 2015)

V oblastech s významným výskytem sucha navíc došlo v posledních 20 letech k poklesu zavlažovaných ploch následkem privatizace a změnou vlastnických vztahů závlahových soustav. (Punčochář et al. eds., 2015)

Z dostupných studií vyplývá, že pro zlepšení vodních zdrojů a pro zvýšení retence vody v krajině je třeba zahájit budování vodních nádrží a rybníků, a také je třeba zlepšit hospodaření na zemědělské půdě a obnovit zaniklé struktury v krajině (remízky, meze), které přispívají k pozitivnímu efektu zadržení vody na našem území. (Punčochář et al. eds., 2015)

Z dostupných údajů o využívání povolených odběrů povrchových vod je zřejmé, že s výjimkou povodí Dyje nepřesahují realizované odběry polovinu maximálně

povoleného množství. To je určité vysvětlení, proč při krátkodobém výskytu sucha nedochází k problémům s odebíráním vody. Nicméně i za tohoto „příznivého stavu“ může dojít k situaci, kdy naplněním odběru do povolené úrovně se bilance dostane do nepříznivého stavu. Charakteristická je situace v povodí Dyje. Pokud by došlo k odebrání povoleného objemu pro vodárenské objemy nebo závlahy, dostávají se do nepříznivé situace nevodárenské odběry a jejich zabezpečení. Z rozboru vodohospodářské bilance, kterou vyhodnotily s. p. Povodí, se ukázalo, že i za dosavadního výskytu sucha v období posledních 10–20 let se u řady profilů na vodních tocích vyskytl „napjatý“ nebo „pasivní“ bilanční stav, což působí nedodržení minimálních průtoků ve vodních tocích s následným poškozením vodních ekosystémů. (Punčochář et al. eds., 2015)

Z posledního statistického šetření v roce 2010 vyplynulo, že existuje cca 32 200 ha zavlažovatelných ploch, ze kterých se zavlažuje cca 20 000 ha. Ve srovnání s rokem 1993, kdy bylo 154 224 ha zavlažovatelných ploch, došlo k dramatickému poklesu. Příčinou tohoto poklesu byla zejména privatizace zavlažovacích systémů, které následně hospodařící zemědělci přestali z ekonomických důvodů využívat. Existuje však stále několik oblastí, ve kterých závlahové soustavy zůstávají v používání, jde o oblast Polabí, okolí Hořic. Největší zavlažovací systémy v České republice existují na jižní Moravě. (Punčochář et al. eds., 2015)

Tabulka 2: Porovnání skutečných odběrů vody pro závlahy v % povolených objemů. (Zdroj: S. p. Povodí, In: Punčochář et al. eds., 2015)

<b>S.p. Povodí</b>	<b>Povolený odběr (tis. m<sup>3</sup>/rok)</b>	<b>Skutečně odebraný objem v % povoleného</b>
Labe	16 151,9	43,0
Moravy	37 871,0	40,4
Vltavy	2 433,2	40,8
Ohře	2 633,8	11,5
Odry	179,7	38,4

Z údajů v tabulce 2 vyplývá, že využívání povolených odběrů pro závlahy nedosahuje ani 50 %, což je ještě méně, než bylo zjištěno u celkových odběrů. Zdánlivě

to vypadá jako značná rezerva pro případ sucha. Nicméně v konkrétní situaci by v řadě případů nemusely být za sucha povolené objemy pokryty, zejména v povodí Dyje. (Punčochář et al. eds., 2015)

Zabezpečení dostatečných vodních zdrojů na území České republiky (dříve Československa) vedlo vodohospodáře historicky k návrhům efektivního zadržetí vody v přehradních nádržích. Proto byl v roce 1975 vydán Směrný vodohospodářský plán (SVP). Následné upřesňování spojené především s přípravou Plánu hlavních povodí a následným přijetím Plánů oblastí povodí (2009) skončila platnost SVP, což vedlo k vypuštění cca poloviny lokalit v „Generelu pro územní hájení povrchových vod“ (Generel LAPV), který se bohužel nestal součástí Plánů hlavních povodí platných do roku 2027. (Punčochář et al. eds., 2015)

V důsledku nového vymezení chráněných území (oblasti Natura 2000, ptačí oblasti), kritiky nevládních organizací z oblasti ochrany přírody, stanovisek Ministerstva životního prostředí a odporu samosprávy v některých oblastech došlo k vypuštění 121 původně zařazených lokalit. V současné verzi Generelu LAPV, které bylo schváleno dohodou ministrů zemědělství a životního prostředí, zůstalo 65 lokalit. (Punčochář et al. eds., 2015)

Situaci však zásadně mění výskyt sucha v letech 2014 a 2015. V červenci 2015 byl vládou schválený materiál „Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody“, který připravuje rozšíření Generelu LAPV v regionech s napjatou vodohospodářskou bilancí o další lokality.

#### **2.3.4. Retence vody v krajině**

Přírodní podmínky pro retenci vody v krajině jsou přirozeně nepříznivé na 60 % našeho území, další problémy vznikají špatným obhospodařováním krajiny. Zemědělská půda ČR zaujímá rozlohu 4,22 mil. ha, z toho orná půda má výměru 2,99 mil. ha a velká část odtoku vzniká zde. Odtok vzniká i v lesích (2,66 mil. ha), významně na lesních cestách. (Kvítek, 2013)

Dopady sucha zvyšuje zhoršená kvalita zemědělské půdy, neboť trvale klesá její schopnost retence půdní vláhy. Kvítek uvádí, že za sucha, na které si zemědělci stěžují, si částečně mohou sami tím, že nevhodným obhospodařováním podporují erozi a rychlejší odtok vody z pozemků. Tento problém však gradoval v důsledku mnoha špatných politických rozhodnutí v minulosti. (Kvítek, 2013)

Současný systém obhospodařování zemědělské půdy má kořeny v době vzniku Československa. V roce 1920 stanovili agrárníci podle cen komodit na newyorské burze, že se vydají směrem dánského typu obhospodařování půdy se zaměřením na obilí a zornění půdy. Již tenkrát bylo nevědomky rozhodnuto o snížení retenční kapacity půdy. Rozdíl v retenci vody mezi ornou půdou a travními porosty (louky a pastviny) je asi 7-10 %. Větší problémy s retencí vody nastaly po roce 1948, kdy v komunistickém systému tvorby krajiny zmizely meze, výrazně se začaly zvětšovat bloky orné půdy, začala se používat těžká mechanizace a půdy v povrchové i podpovrchové vrstvě byly utužovány. Eroze půdy byla do roku 1989 velmi vysoká. (Kvítek, 2013)

Trend zhoršování retence vody v půdě vyvrcholil po roce 1992, kdy v důsledku privatizace byly masivně rušeny chovy hospodářských zvířat (pozn. autora). Z toho důvodu mizely z krajiny postupně pícniny pro krmné účely dobytka (v současnosti je jich o 21 % méně při porovnání s celkovou výměrou orné půdy) a zelené hnojení a nastoupily technologie bezorebného zpracování půdy (podpovrchové zhutňování půdy). (Kvítek, 2013)

Není divu, že klesají zásoby podzemních vod. Voda nemá šanci zasakovat, může pouze odtékat. V důsledku zvýšené eroze poklesla hloubka půdního profilu (tedy i retenční kapacita půdy). Ve velké míře se začaly aplikovat pesticidy, které mají negativní vliv i na půdní faunu. Ta v půdě vytváří preferenční cesty a umožňuje rychlejší zasakování intenzivních srážek. (Kvítek, 2013)

### **2.3.5. Shrnutí vodní situace v ČR**

Z výše uvedených grafů je patrné, že využívání vody se v České republice od roku 1989 výrazně snížilo téměř ve všech oblastech. Výjimkou je sektor energetiky, ve kterém



se spotřeba vody od roku 2000 opět zvýšila. Celkově ale klesl odběr vody od roku 1990 o více než polovinu (údaj z roku 2012).

Podle indexu míry využití vody, o kterém podává informaci Eurostat, činila pro Českou republiku tato hodnota v roce 2013 10,3 %. To lze považovat z tohoto hlediska za pozitivní fakt, neboť hodnota pod 10 % již nepředstavuje pro zemi vodní stres. Od počátku devadesátých let se také významně zlepšila jakost vod v tocích.

Tyto souhrnné údaje však nepostihují výkyvy hodnot v průběhu roku, které jsou značné. Závažnost období sucha představuje pro hospodářství státu závažnější následky než povodňové situace. Oba tyto extrémní jevy lze z velké míry ovlivnit retencí vody v krajině, tento fakt byl však v České republice dlouhodobě zanedbáván. Výsledkem je závažný stav, kdy půda již není schopna zadržet nárazově velké množství vody. Voda odtéká po povrchu půdy a způsobuje zvýšenou erozi. Metodický materiál, který vydalo Ministerstvo zemědělství v roce 2015, uvádí, že ve srovnání s prevencí povodní zatím nebyly zahájeny analogické systémové kroky ke zmírnění dopadů sucha, protože se sucho (i historicky) na našem území vyskytuje méně často a není považováno za vážnou hrozbu (Punčochář et al. eds., 2015). Vzhledem k nastupující klimatické změně se však předpokládá častější výskyt extrémních situací a problém s nedostatečnou retencí půdy je třeba řešit.

Výzkumy českých vodohospodářů v posledních letech ukázaly, že i při „průměrném scénáři změny klimatu“ (nárůst průměrné roční teploty o 1 – 1,5 °C) by nebylo pokryto 40 – 70 % povolených odběrů, s nimiž uživatelé běžně počítají. Po tomto zjištění začalo Ministerstvo zemědělství ihned pracovat na strategii, jak postupovat s opatřeními k omezení důsledků sucha s prioritou nejsušších regionů České republiky. (Punčochář et al. eds., 2015)

### **2.3.6. Přidaná hodnota indikátoru vodní stopa oproti konvenčním ukazatelům**

Národní ukazatele o spotřebě vody jsou velmi užitečné, nejsou však schopny postihnout nároky na vodní zdroje, které nejsou čerpány v rámci našeho státu. Jejich objem však nemusí být zanedbatelný. To se týká například dovozu vody nebo dovozu výrobků

náročných na vodu. Přitom z hlediska udržitelnosti a globální perspektivy je třeba uvažovat i zátěž způsobenou využíváním zdrojů mimo vlastní území. (Hák, 2008)

Proto byly vyvinuty další koncepty založené na kvantifikaci nároků na vodní zdroje ve formě srozumitelných indikátorů. Jedná se zejména o koncepty virtuální voda a vodní stopa (Hák, 2008). Vodní stopa může být chápána jako souhrnný indikátor informující o přivlastňování sladkovodních zdrojů, vedle tradičního měření odběru vody, které má jistá omezení (Hoekstra et al. 2009).

Oproti tradičním vodním statistikám a ukazatelům vodní stopa postihuje a ukazuje širší souvislosti. Především zahrnuje přímé i nepřímé užití vody (nepřímé využití bývá mnohem větší, často s mnohem většími dopady na prostředí, přitom je ale běžnému spotřebiteli skryto). Propojením výrobců, dodavatelů, prodejců a dalších v jednotlivých fázích celého procesu vodní stopa explicitně ukazuje odpovědnost jednotlivých aktérů. Pro tvorbu hospodářských a environmentálních politik je přínosná znalost o vodní stopě celých skupin výrobců (sektorů jako zemědělství či průmysl) nebo naopak spotřebitelů (např. domácností nebo veřejné správy). (Hák et al., 2013)

Vodní stopa národní spotřeby doplňuje celkový obrázek vodní bezpečnosti státu (Hák et al., 2013). Efektivita při hospodaření s vodou může být rozdělena na tři úrovně. Nejnižší úroveň je uživatelská, kde může být zlepšena efektivnost přijetím technologií, které šetří vodou, a opatřeními jako je stanovení cen vody, zvýšení povědomí, atd. Druhá úroveň pro efektivní nakládání s vodou se vztahuje k přiřazení a přerozdělení vodních zdrojů ke specifickým uživatelům s větším významem a spravedlivějším využíváním všemi investory. Efektivnost na této úrovni se obvykle zajišťuje skrze zásahy vlády v podobě různých politik v sektoru vodního hospodářství. Nejvyšší úroveň pro efektivní hospodaření s vodou se týká obchodu s vodou. Protože je voda celkem objemnou položkou pro přepravu, je voda, se kterou se obchoduje v její skutečné formě, drahá. Takto si lze dobře představit koncept virtuální vody.

## **2.4. Představení indikátoru vodní stopa**

Mnoho lidských činností spotřebovává nebo znečišťuje velké množství vody. V globálním měřítku se nejvíce vody využívá pro zemědělskou produkci, ale podstatné

objemy vody jsou spotřebovány a znečištěny také v průmyslovém a domácím sektoru (WWAP, 2009). Spotřeba a znečištění bývá spojeno se specifickými činnostmi, jako je zavlažování, koupání, mytí, úklid, chlazení a zpracování. Celková spotřeba a znečištění vody jsou obecně shrnuty jako součet množiny nezávislých činností požadujících a znečišťujících vodu. Malá pozornost byla dosud věnována faktu, že celková spotřeba a znečištění vody souvisí s tím, co a kolik společnosti spotřebují a strukturu globální ekonomiky, která podporuje různé spotřebitelské zboží a služby.

Skrz propojenou globální ekonomiku zasahuje lokální spotřeba produktů a služeb do hydrologického cyklu všude ve světě v nebývalém rozsahu. Aby bylo adresováno neudržitelné využívání celosvětových zásob sladké vody, jsou potřebné indikátory, které činí vliv produkčního systému a spotřebních vzorců průhledný (Ridoutt, Pfister, 2010).

Jelikož se do nedávna věda a praxe ve vodním managementu málo zabývaly spotřebou a znečištěním vody v rámci celého produkčního a zásobovacího řetězce, existuje malé povědomí o tom, že organizace a charakteristiky produkčního a zásobovacího řetězce skutečně silně ovlivňují objemy (a časovou a prostorovou distribuci) spotřeby a znečištění vody, která může být spojena s koncovým spotřebitelem produktu.

Vodní stopa patří do skupiny indikátorů měřících vliv člověka na životní prostředí v daném čase a místě. Podobnými indikátory jsou: analýza životního cyklu, ekologická stopa a uhlíková stopa. Vodní stopa se od těchto ukazatelů liší tím, že se pokouší kvantifikovat objem vody využitý člověkem. Žádný z předchozích indikátorů tuto skutečnost nezjišťuje.

### **2.4.1. Koncept virtuální vody**

Koncept virtuální vody byl představen na počátku devadesátých let profesorem Tonym Allanem, kterého přivedli na myšlenku virtuální vody izraelsí vědci. Ti na sklonku 80. let poukazovali na nesmyslnost exportování plodin náročných na vodu z Izraele (Hák et al., 2013). Než se stal koncept pojednávající o dosažení regionální a globální bezpečnosti vody světově uznávaný, trvalo téměř jedno desetiletí (Hoekstra, 2003).

Koncept virtuální vody byl přednostně vyvinut za účelem řešení nedostatku vody na Středním východě (Hoekstra, 2007; Allan, 1993a, 1994). Podle tohoto konceptu může být vážný nedostatek vody v regionu vyvážen na úrovni mezinárodního obchodu a globální ekonomiky (Allan 2003b, In: Thaler et al.; 2012), a to cestou importování virtuální vody skrze zboží a služby. Koncept virtuální vody byl primárně vyvinut k popisu toků virtuální vody mezi státy skrz obchod s potravinami, a tak je konceptem, který spojuje vodu, potraviny a obchod na společnou cestu. To může pomoci porozumět srovnatelným výhodám produkce mezi různými zeměmi a může také dotvářet diskuse okolo bezpečnosti vody. (Hastings, Pegram, 2012)

#### **2.4.2. Virtuální voda**

Virtuální vodou se rozumí objem vody, který je potřebný pro výrobu zboží nebo služeb. Jsou do něj zahrnuty všechny vstupy vody použité ve všech fázích výrobního cyklu (Hoekstra 2007). Od tradičního managementu vodních zdrojů, který sleduje primárně přímý odběr vody domácnostmi, zemědělstvím a průmyslem, se přístup virtuální vody liší tím, že zohledňuje přímé i nepřímé toky vody.

Kritika termínu virtuální vody zněla, že je zavádějící, protože vede k myšlence, že se s vodou obchoduje místo jídla (Merrett, 2003). Virtuální voda není zcela virtuální, spíše je to reálná voda, která je využita k produkci plodin a je proto reprezentována požadavky plodin na vodu. Spíše než uvažování o virtuální vodě by měla být hodnota vody zachycena uvažováním o vodě jako části hodnoty půdy, na které se plodina pěstuje (Allan 2003b). (Hastings, Pegram, 2012)

#### **2.4.3. Koncept vodní stopy**

Vodní stopa s konceptem virtuální vody úzce souvisí (Hoekstra, 2007). První mezinárodní meeting uspořádaný na téma obchodování s virtuální vodou, se konal v prosinci roku 2002 v nizozemském Delftu. Byl organizován v rámci VI. fáze Mezinárodního hydrologického programu (International Hydrological Programme, IHP) UNESCO a WMO. Výstupem meetingu byl spis (Hoekstra, 2003) sestávající z článků různých autorů, jejichž společným tématem bylo kvantifikovat obchod s virtuální vodou proudící mezi státy a navrhnout vyvážený obchod s virtuální vodou na národní úrovni.

Vlastní koncept vodní stopy byl představen Hoekstrou a Hungem v roce 2002. Od té doby byl přepracován a rozšířen dalšími autory (Chapagain, Hoekstra, 2004; Hoekstra, Chapagain, 2008; Grebens-Leens, Hoekstra, 2009; Hoekstra et al. 2009). Pro vylepšení metodiky vodní stopy bylo zpracováno mnoho studií. A ačkoli vyšlo nedávno druhé vydání manuálu vodní stopy (Hoekstra et al., 2011), vývoj metodiky není stále dokončen (Thaler et al, 2012). Za účelem rozvoje standardů a nástrojů pro výpočty, a také kvůli propagaci udržitelného využívání zásob sladké vody, byla založena organizace Water Footprint Network (WFN, 2010).

V literatuře jsou uvedeny dva hlavní přístupy pro hodnocení vodní stopy (UNEP, 2012; Postle et al., 2012). První přístup, který byl rozvinut organizací Water Footprint Network (WFN), počítá s objemy vody (Hoekstra et al., 2011). Druhým přístupem je analýza životního cyklu (Life Cycle Analysis – LCA) vyvinutá společností LCA community, která je založená na principu vážené vodní stopy.

#### **2.4.4. Definice vodní stopy**

Vodní stopa je definována jako celkový objem sladké vody potřebný k produkci zboží a služeb, které jsou spotřebovány danou společenskou jednotkou (jednotlivcem, podnikem, státem). (Hoekstra et. al., 2011)

Podle měřítko lze rozlišit vodní stopu určitého člověka, domácnosti, města nebo státu. Protože všechno spotřebované zboží není vyrobeno v dané oblasti, skládá se vodní stopa ze dvou částí: ze spotřeby domácích vodních zdrojů a ze zdrojů za hranicemi dané oblasti. Pro komplexnost výsledku se do vodní stopy započítává spotřeba povrchové vody, podzemní vody a půdní vody. (Hoekstra et. al., 2011)

Existují dva přístupy pro výpočet vodní stopy. Prvním přístupem je „top-down“, „shora dolů“, kdy se k celkové spotřebě domácích vodních zdrojů připočítá dovezená virtuální voda a odečte vyvezená virtuální voda. Tento způsob je použit ve všech studiích, které počítaly vodní stopu rostlinných a živočišných produktů podle typu produktu a země na globální úrovni (Hoekstra, Chapagain, 2003, 2004; Mekonnen, Hoekstra, 2010).

Druhý způsob představuje metodu „bottom-up“, „zdola nahoru“, který je založen na výpočtu vodní stopy jednotlivých skupin spotřebitelů (např. domácností, zemědělství ad.). V tomto případě se sečte voda přímo spotřebovaná nebo znečištěná spotřebitelem a voda, která byla spotřebována nebo znečištěna během výroby zboží a služeb, které sledovaná skupina využívá. Virtuální voda obsažená ve výrobku či službě se mění v závislosti na místě a podmínkách výroby. Tento způsob výpočtu se plánuje pro další fáze výzkumu. (Hák, 2008; Hák et al., 2013)

Teoreticky by se měly výsledky obou přístupů shodovat, v praxi se ale často liší, a to zejména proto, že oba přístupy využívají jiná vstupní data. Přístup „zdola nahoru“ spoléhá na data o spotřebě, zatímco přístup „shora dolů“ závisí na údajích mezinárodního obchodu. (Mekonnen, Hoekstra, 2011; In: Hák et al., 2013).

#### **2.4.5. Složky vodní stopy**

Virtuální voda výrobku nebo služby obsahuje tři složky: zelenou, modrou a šedou vodu. (Hoekstra et. al, 2011)

Zelená voda (*green water*) byla původně definována jako ta část srážek, která se dostává zpět do atmosféry evapotranspirací: zahrnuje jak půdní vláhu, která se vypaří z půdy neporostlé vegetací (evaporace), tak i vodu použitou rostlinami, která je odpařena i vydychána listy (transpirace). Později byla do toků zelené vody zahrnuta i srážková voda zadržovaná v nenasycené půdě. Zelená voda je jediným zdrojem zemědělství plně závislého na vodních srážkách. Týká se tedy hlavně zemědělské produkce a zahrnuje jak výpar z půdního krytu neporostlého vegetací (evaporaci), tak transpiraci (výdej vody z vegetace). (Hák, 2008)

Modrá voda (*blue water*) představuje objem povrchové a podzemní vody, která se spotřebuje v průběhu výrobního cyklu produktu nebo služby. V případě rostlinné produkce je to tedy i voda použitá na zavlažování ze zavlažovacích kanálů, nádrží, rybníků nebo podzemních zásobníků. (Hák, 2008)

Šedá voda je kvantifikována jako objem vody potřebný k rozředění vypuštěného znečištění do vod tak, aby výsledná koncentrace zůstala pod zákonnými limity. (Hák, 2008)

Znalost poměru zelené i modré vody je užitečná, protože jejich dopad na hydrologický cyklus je odlišný. Zatímco koncept zelené i modré vody je založen na výparu, šedá voda ukazuje na znečištění. Společným rysem vypařené i znečištěné vody je jejich bezprostřední nevyužitelnost pro jiné účely: modrá i zelená voda se v podobě srážek objeví na jiném místě, znečištěná voda se po čase vyčistí a znovu použije. (Hák, 2008; Hoekstra, 2009)

## **2.5. Chov skotu v České republice**

Chov skotu je v České republice hlavním odvětvím živočišné výroby. Stejně tak je tomu i ve většině států Evropské unie. Chov skotu je úzce spojen s rostlinnou výrobou (pěstování objemných a jadrných krmiv, produkce statkových hnojiv, ekologické a ekonomické využívání trvalých travních porostů, dodávka organické hmoty do půdy aj.). (Skládanka a kol., 2014)

Toto odvětví hospodářské výroby vytváří také množství pracovních míst vázaných na venkov a služby (plemenářské a veterinární, výroba krmných směsí a doplňků apod.). Chov skotu je napojen na zpracovatelský průmysl, jako je výroba kvalitních mléčných výrobků a zpracování masa s možností exportu. Důležitý vliv má na utváření rázu krajiny. Tyto faktory v mnoha státech stimulují rozvoj a stabilitu chovu skotu. (Skládanka a kol., 2014)

Základními produkty chovu skotu jsou: mléko a z něj vyráběné mléčné výrobky (jogurty, sýry, aj.), maso (hovězí, telecí), kůže, případně jiné tkáně těl poražených zvířat, plemenná a chovná zvířata a biologický materiál šlechtitelské kvality (inseminační dávky, embria). (Skládanka a kol., 2014)

Hlavním cílem chovu dojných krav, resp. výroby mléka a hovězího masa, je (stejně jako u všech dalších forem podnikání) dosahování zisku. Vzhledem k ekonomické, investiční, pracovní a organizační náročnosti chovu skotu představují

výroba mléka a produkce jatečných zvířat často samostatná odvětví živočišné výroby. Proto jsou jejich výrobní a ekonomické ukazatele obvykle vykazovány a hodnoceny samostatně. V podnicích s výrobou mléka a navazujícím výkrmem skotu je z hlediska podnikové ekonomiky rozhodující přínos obou těchto odvětví. (Skládanka a kol., 2014)

### 2.5.1. Stručná historie chovu skotu

Hluboký zásah do chovu skotu byl způsoben společenskými změnami, které nejsou dosud ukončeny. Důsledky těchto změn vyvolaly transformaci zemědělství. Ekonomické postavení českého zemědělství se v současnosti zhoršuje zejména kvůli chybné přeměně a nevýhodným mezinárodním dohodám (Majzlík, 2007).

Do roku 1989 představoval chov skotu extenzivní odvětví s vysokými stavy zvířat (1,2 mil. krav), nízkou užitkovostí (3800 kg mléka na krávu za rok), nízkou produktivitou práce (12 krav na 1 pracovníka) a vysokými náklady ve srovnání se zeměmi Evropské unie. Liberalizace cen potravin 1. 1. 1991 znamenala snížení odbytu mléka o 40 % a hovězího masa o 48 %. Tím vznikl neustálý převis nabídky zejména u mléka, jehož spotřeba na obyvatele klesla z 250 kg (1989) na cca 200 kg (1999). Tyto nepříznivé jevy vyvolaly trvalý pokles stavů zvířat (viz tabulka 3) a ztrátu rentability chovu skotu, která trvá doposud (Majzlík, 2007).

Tabulka 3: Vývoj stavů hospodářských zvířat v letech 1990 až 2015. (zdroj: ČSÚ)

ukazatel	1990	1995	1999	2003	2007	2011	2015
skot celkem	3 506 222	2 029 827	1 657 337	1 473 828	1 391 393	1 343 686	1 407 132
z toho krávy	1 236 218	768 236	642 026	590 322	564 686	551 536	580 102

Při zásadních změnách v chovu zvířat a produkci živočišných produktů je nutné počítat s jistou setrvačností, která plyne z biologického charakteru výroby (např. stavy zvířat nelze měnit okamžitě, zpoždění reakce podnikatelů na trh). Skot má klíčové postavení v zemědělské soustavě a jeho adaptace na tržní ekonomiku je vzhledem k biologii pomalá, proto jsou změny hluboké. (Majzlík, 2007)



Důvodem pro pokles stavů skotu jsou například ceny vstupů, které jsou světové, ale nákupní ceny produktů jsou „české“ (nafta = 30 Kč/l, mléko = 7,30 Kč/l za srpen 2015). Dalším důvodem je předimenzovaný a monopolizovaný zpracovatelský průmysl, dovoz dotovaných mléčných výrobků (275,6 mil. kg mléka a mléčných výrobků v roce 2015), nízká spotřeba produktů způsobená nízkou koupěschopností obyvatel (v roce 2001 činila spotřeba mléka 215 kg na obyvatele, v roce 2014 již 236,5 kg na obyvatele), (Majzlík 2007, ČSÚ 2014).

K nejdramatičtějším poklesům stavů krav došlo hned od počátku 90. let. V té době se zároveň strmě zvedala dojivost v důsledku dovozu geneticky hodnotných zvířat. Se snižujícími se stavy skotu a krav klesala výroba jatečných zvířat, ale zlepšovala se mléčná užitkovost. Zlepšování genetického potenciálu zvířat, zavádění nových technologií ustájení a krmení respektující lépe welfare zvířat a dostupnější krmné komponenty způsobily výrazné zlepšení užitkových vlastností (dojivosti a produkce masa). Průměrná roční dojivost 7 443 litrů na krávu řadí Česko v současné době do první desítky v Unii za státy jako např. Dánsko, Nizozemsko, Velká Británie, Finsko, Španělsko, ale například před Německo. (ČSÚ 2014)

V kategorii krav chovaných v systému s tržní produkcí mléka došlo v roce 2014 (na rozdíl od uplynulých cca 20 let) poprvé k nárůstu jejich početního stavu. Tento nárůst činil 5 305 kusů z celkového počtu 372 632 kusů. V kategorii krav chovaných v systému bez tržní produkce mléka došlo (tak jako i v předchozích 4 letech) k početnímu vzestupu, a to o 6 734 kusů na 191 331 kusů, což představuje nejvyšší dosažený počet v této kategorii od počátku jejího sledování. Do roku 2016 se očekává pokoření hranice 200 000 kusů krav chovaných tímto způsobem chovu. Z celkového počtu krav chovaných v České republice podíl krav chovaných v systému chovu bez tržní produkce mléka činí 33,9 %. (Balážková, Nosková, eds., 2015)

Hovězí maso je produkováno relativně nákladnou výrobou, která znamená vysokou cenu produktu – to vyvolalo pokles spotřeby z 30 kg (v roce 1989) na 8 kg (v roce 2014) na obyvatele. Snižování spotřeby hovězího masa též ovlivnil výskyt bovinní spongiformní encefalitidy (BSE) – „nemoci šílených krav“. Snižování stavů skotu způsobilo nejdříve přebytek masa. V současnosti je nutné s ohledem na potřebnou produkci masa co do kvantity, ale zejména do kvality rozšiřovat chov skotu bez tržní produkce mléka

(SBTPM), tj. chov masných plemen v horských a podhorských oblastech, který se však za současných ekonomických podmínek neobejde bez státní podpory dotacemi (Majzlík, 2007).

Na propad agrárního sektoru mají vliv také nepříznivé přírodní podmínky (např. deště, povodně). Snahy o snižování nákladů se týkají zejména nákladů na mzdy. Stav pracovníků v zemědělství se snížil od roku 1989 do roku 2002 z 533 057 na 156 300, což znamená zdvojnásobení produktivity práce (Majzlík, 2007). V roce 2014 činil počet pracovníků v zemědělství 102 100. (Balážková, Nosková, eds., 2015)

### **2.5.2. Typy hospodářských systémů**

V současné době jsou rozvíjeny rozdílné systémy chovu skotu vycházející z filozofie konvenčního a ekologického zemědělství. S ohledem na úrodnost půdy a výrobní oblast, ve které je skot chován, se dělí hospodářské systémy na intenzivní a extenzivní. Společnými znaky uvedených systémů musí být jakost a bezpečnost potravin, přiměřená ekonomická výnosnost, ochrana životního prostředí a pohoda chovaných zvířat. (Louda a kol., 2003)

Biologické, etologické a technologické požadavky ovlivňují ekonomiku chovu. Jednou ze základních ekologických zásad chovu hospodářských zvířat je respektování „životní pohody“ (welfare), která přímo souvisí s jejich zdravím, užitkovostí a dlouhověkostí. Termín „životní pohody“ zvířat je rovněž klíčovým pojmem v různých zákonech a vyhláškách na ochranu zvířat v řadě zemí. (Louda a kol., 2003)

Gerbens-Leens et al. rozlišují podle standardů Food and Agriculture Organization (FAO, 1995) tři typy hospodářských systémů: pastevní, smíšený a průmyslový systém (Gerbens-Leens et al., 2011).

Pastevní hospodářský systém se vyznačuje nízkou úživností na hektar. Můžeme ho nalézt po celém světě, ale jako dominantní hospodářský systém pouze v rozvojových zemích s relativně nízkým hrubým národním ziskem na hlavu (Chapagain a Hoekstra, 2003). Tento systém zásobuje asi 9 % z celkové světové produkce masa. Obecně má pastevní systém nejnižší výnosy, pokud jde o porážkovou váhu živého zvířete

a produkci mléka (FAO, 2002). Navzdory názvu „patevní systém“ nejsou zvířata závislá pouze na pastvě, ale jsou také krmena (kromě jiného) zrním, hrachem nebo olejninami (Chapagain a Hoekstra, 2003). Patevní způsob hospodaření se tradičně provozuje v okrajových oblastech, které nejsou vhodné pro produkci kulturních plodin pro lidskou spotřebu.

Smíšený hospodářský systém kombinuje chov hospodářských zvířat a produkci plodin. Většina krmiva pro zvířata je produkována vlastní farmou. Tento systém je velmi běžný na celém světě. Smíšený hospodářský systém s chovem skotu je dominantním systémem například v Brazílii, Číně, Etiopii, Indii, na Novém Zélandu a ve Spojených státech. Smíšený hospodářský systém zásobuje asi 54 % světové produkce masa a 90 % světové produkce mléka (FAO, 1995).

Průmyslový hospodářský systém má vysokou úživnost na hektar a produkce krmiva vlastní farmou tvoří méně než 10 % (FAO, 2000). Průmyslový systém hospodaření je typický například pro Japonsko a západní evropské země. Pro prasata a kuřata chovaná na maso se stává průmyslový systém hlavním systémem ve většině částí světa.

### **2.5.3. Nejčastěji užívaná plemena skotu**

V mléčném průmyslu se využívají specializovaná plemena, která vznikla šlechtěním na jeden užitkový směr, nebo plemena s kombinovanou užitkovostí šlechtěna na dva či více užitkových směrů.

Specializovaná plemena vynikají vysokou užitkovostí v jednom směru, ale jsou velmi náročná na podmínky prostředí. Používají se v intenzivně hospodařících podnicích, kde je vysoká užitkovost ekonomickou podmínkou existence podniku. Jedná se například o dojná plemena specializovaná na produkci mléka (holštýnsko - frízský skot, jersey, ayrshire) nebo masná plemena zaměřená na produkci masa (charolais, hereford, aberdeen – angus, limousine, belgické modré). (Majzlík, 2007)

Plemena s kombinovanou užitkovostí jsou přizpůsobivější a odolnější, méně náročnější, protože žádná z užitkových vlastností u nich není nadměrně vyvinuta. Zatížení jejich organismu produkcí není u těchto druhů tak jednostranná jako u specializovaných

plemen. Plemena s kombinovanou užitkovostí jsou šlechtěná v obou směrech současně. Ve většině případů přesto obsahují linie s převládajícím jedním směrem užitkového typu. U maso-mléčného typu převládá užitkovost mléčná, zatímco u mléčno-masného typu převládá užitkovost masná (český strakatý skot, simentálský skot). (Majzlík, 2007)

V České republice jsou nejvíce zastoupena z mléčných plemen skotu holštýnské a české strakaté. Podle Kvapilíka (2015) bylo v roce 2014 nejvíce laktací v kontrole užitkovosti u plemen holštýnské (159 146 laktací) a české strakaté (107 686 laktací). Podíl laktací ostatních plemen krav v kontrole užitkovosti je dlouhodobě nízký. Kontrola užitkovosti zahrnuje 95,7 % krav z jejich průměrného ročního stavu. V roce 2014 bylo do kontroly užitkovosti zapojeno 354 835 krav. (Kvapilík a kol., 2015)

Holštýnský skot obsahuje dva typy zvířat. Nejvíce je zastoupen černostrakatý holštýnský skot (54 %) a méně červený holštýnský skot (4 %). Pro označení plemenné skupiny se používají písmena H a R (100%-51%).

Český strakatý skot (dříve červenostrakatý, používá se také označení ČESTR) vznikl ve 30. letech 20. století. Cílem chovu českého strakatého skotu je kombinované produkční zaměření se zvýrazněnou mléčnou užitkovostí a vysokým obsahem mléčných složek, postavou středního až většího tělesného rámce s velmi dobrou růstovou schopností, jatečnou výtěžností, kvalitou masa a s pravidelnou plodností (Kučera-Kral, 2006, in Skládanka a kol., 2014). Pro označení plemene se používá písmeno C (100-51%).

I přes pokles početních stavů je populace strakatého skotu chovaná v České republice stále třetí nejrozsáhlejší ucelenou šlechtitelskou základnou v Evropě. (Skládanka a kol., 2014). Podíl zastoupení v České republice je cca 38 %.

Tabulka 4: Výsledky kontroly užítkovosti podle plemen v roce 2014 v ČR. (Kvapilík a kol., 2015)

Plemeno <sup>1)</sup>	Laktací n	Mléko kg	Tuk %	Bílk. %	1. otel. měs./dny	Mezid. dny
<b>české strakaté <math>\geq</math> C51 %</b>	<b>107 686</b>	<b>7 016</b>	<b>3,98</b>	<b>3,50</b>	<b>28/03</b>	<b>397</b>
z toho H oblast <sup>2)</sup>	79 629	6 956	3,99	3,50	28/09	397
z toho N oblast <sup>2)</sup>	28 057	7 189	3,96	3,50	27/17	396
<b>holštýnské H, R <math>\geq</math> 51 %</b>	<b>159 146</b>	<b>9 405</b>	<b>3,79</b>	<b>3,32</b>	<b>25/09</b>	<b>414</b>
z toho H oblast <sup>2)</sup>	79 674	9 326	3,82	3,33	25/21	413
z toho N oblast <sup>2)</sup>	79 472	9 485	3,76	3,31	24/29	416

<sup>1)</sup> Klasifikace plemen v KU platná od kontrolního roku 2009/10

<sup>2)</sup> H = horské a podhorské oblasti, N = nížinné oblasti

Hlavní ukazatele o produkci mléka u dvou nejvýznamnějších plemen hodnocených v kontrole užítkovosti v roce 2014 v České republice jsou uvedeny v tabulce 4. Vyplyvá z ní, že holštýnské dojnice měly o 2 389 litrů (34 %) vyšší dojivost a přibližně o 89 dní nižší věk při prvním otelení. Naopak u českých strakatých byl zjištěn vyšší obsah tuku a bílkovin v mléce, lepší zabřezávání po všech inseminacích a kratší mezidobí. (Kvapilík a kol., 2015)

#### 2.5.4. Růst a vývoj zvířat

Věk pohlavní dospělosti je ovlivněn druhovou a plemennou příslušností, individualitou genotypu, pohlavím. Vnější prostředí působí výživou a klimatickými činiteli. Věk pohlavní dospělosti lze ovlivnit úrovní výživy, protože stupeň celkového vývinu organismu je dán hmotností zvířete. Zvířata jsou pohlavně dospělá a schopna rozmnožování ve věku, kdy jejich tělesný vývoj není ještě dokončen. Nelze je použít k plemenitbě hned, protože u tělesně nedospělých samic březost způsobí zpomalení až zastavení růstu, což má za následky ztížený porod i životaschopnost mláďete a sníženou produkci mléka. Je nutné, aby chovatel znal věk pohlavní dospělosti chovaných zvířat a včas oddělil odchovávané samce od samic a zabránil nežádoucí březosti. (Majzlík, 2007)

Pohlavní dospělost dosahují samice i samci mezi 6-8 měsícem věku. Chovatelská dospělost zvířat je dosažena u samců ve 12-14 měsíci věku a u samic mezi 15-20 měsícem věku při dosažení hmotnosti 400 kg. Velké rozmezí údajů je ovlivněno zejména plemennou příslušností a úrovní odchovu. (Majzlík, 2007)

Připouštění u chovu skotu probíhá v současnosti inseminací u všech hospodářských zvířat s největším rozsahem u skotu (95 % stavu krav). Význam inseminace je převážně ekonomického charakteru. Spočívá ve snížení počtu potřebných plemeníků, dojde tím k úspoře nákladů na jejich držení. Dalším ekonomickým přínosem je rychlejší zlepšování užitkovosti, ze kterého plyne ekonomický efekt. (Majzlík, 2007)

Délka pohlavního cyklu u samic skotu se pohybuje v rozmezí  $21 \pm 3$  dny a délka březosti je stanovena podle průměru na 280 dnů s rozmezím 270 – 290 dnů. Při využívání inseminace je nutné zajistit spolehlivou detekci říje, protože zhoršené zabřezávání ohrožuje ekonomiku chovu. (Majzlík, 2007)

Délka březosti je druhově i plemenně specifická, modifikovaná někdy individualitou samice nebo otce plodu. Samčí plod se rodí obvykle později. Průměrná doba březosti u holštýnského skotu je 279 dnů a u českého strakatého skotu 289 dnů. Březost ve svém průběhu vyvolává významné vnější i vnitřní změny těla matky, na které musí chovatel reagovat přiměřeným množstvím kvalitního krmiva. (Majzlík, 2007)

Kritérium pro hodnocení plodnosti samic je počet narozených mláďat za určité období. Požadavkem pro skot je získat od každé krávy za rok 1 tele. Ekonomický význam plodnosti se promítá zejména do produkce mléka a masa. U chovu skotu je výsledkem realizované plodnosti cena narozeného telete a stimulace další laktace. Zhoršováním parametrů plodnosti se zhoršuje i produkce a ekonomika chovu (Kvapilík 1995).

## **3. Metodika a data**

Výpočet byl proveden podle metodiky Hoekstra et al. (2011) vytvořené pod záštitou organizace Water Footprint Network.

### **3.1. Stanovení hranic systému**

Do výpočtu jsou zahrnuty všechny přímé i nepřímé vstupy vody pro potřeby zvířat včetně pitné vody, vody obsažené v krmné směsi, virtuální vody všech plodin, které jsou zkrmovány dobyt看kem, spotřeby vody pro obsluhu dobytka a na čistící procesy pro mechanické zařízení. Do výpočtu není zahrnuta vodní stopa dopravy, energií, zpracování krmiva a přímá a nepřímá spotřeba vody pro potřeby zaměstnanců na pracovištích.

### **3.2. Sběr dat**

Data byla získána ze dvou farem, které se nacházejí v Libereckém kraji a zabývají se tržní produkcí mléka. Údaje o chovu, produkci a spotřebě vody byly získány během osobních návštěv kravínů a rozhovorů se zootechniky. Pro usnadnění sběru dat byl vytvořen dotazník, který je přílohou práce.

Hodnoceným rokem je rok 2015 (od ledna do prosince). Obě farmy odpovídají podle definice Gerbens-Leens et al. (2011) smíšenému typu hospodářského systému, který kombinuje chov zvířat s produkcí krmných plodin (kap. 3.6.2), ale liší se intenzitou chovu. VKK Rváčov reprezentuje intenzivní hospodářský systém, zatímco Farma Bzí zastupuje spíše smíšený hospodářský systém, který obsahuje prvky extenzivního i intenzivního hospodaření. Všechny plodiny si pěstují farmy samy. Jedinou výjimkou je sója, která se dováží z některých států Jižní Ameriky.

#### **3.2.1. Velkokapacitní kravín Rváčov**

VKK Rváčov je součástí zemědělského podniku ZEOS LOMNICE, a.s., založeného v roce 1999. Farma byla uvedena do provozu v srpnu 2013. Zabývá

se intenzivním způsobem hospodaření se zaměřením na výrobu mléka. Farma hospodaří na 1 350 ha půdy, ze kterých tvoří 400 ha luk, 850 ha orné půdy a 150 ha ostatní půdy. Farma zaměstnává 11 pracovníků živočišné a 16 pracovníků rostlinné výroby. Hlavním chovaným plemenem skotu je Český strakatý skot.

Chov průměrně čítá 35 telat, 200 jalovic a 390 dojnic. Telata mají individuální stlané kotce. Na farmě zůstávají do tří týdnů věku a poté jsou převezena do velkokapacitního teletníku v Nové Vsi. Vrací se zpět po dosažení jednoho roku.

Ustájení dojnic je roštové s lehacími boxy, které jsou vybaveny gumovými matracemi, porodna je stlaná. Pohyb po stáji je volný. Napájí se žlabovými napajedly, která jsou v zimě vyhřívána a přístupná celý den. Krmení se provádí míchacím krmným vozem 2x denně.

Užitkovost krav se pohybuje okolo 7 300 l za laktaci, která trvá 297 dní. Z celkového počtu 390 krav je průměrně 320 v laktaci a 70 suchostojných. Krávy jsou dojeny dvakrát denně v rybinové dojárně (tzn., že místa jsou šikmo vedle sebe ve tvaru rybích šupin) s kapacitou 2x10 míst. Průměrný počet laktací na zvíře činí 2,6 pro podnik. Ročně se v systému porazí 110 krav.

Cílem podniku je stále zlepšování welfare, odchov zdravých zvířat, vysoká kvalita mléka, zvyšování produkce mléka až na 8 500 l na dojnici za rok a zvýšení počtu laktací na zvíře na 3,5.

### **3.2.2. Farma Bzí**

Farma Bzí byla založena v roce 1992 a je zaměřena na výrobu mléka. Jedná se o rodinnou farmu s počtem šesti zaměstnanců. Farma využívá smíšený hospodářský systém, kde se střídá intenzivní využití chovu na produkci mléka s extenzivním, což představuje pastva neproduktivních krav.

V roce 2011 byla modernizována stáj pro dojnice, kdy se změnila technologie dojení od ručního na robotické. Přínosem dojného robota je přímá úspora tří zaměstnanců. Práce robota spočívá v dojení zvířat, kontrole kvality mléka, včasném zaznamenání vzniku



mastitidy (zánětu vemene). Chované dojnice mají plemennou příslušnost k českému strakatému a holštýnskému skotu. Průměrný počet telat se pohybuje okolo 48, jalovic 52 a dojnic 103 kusů.

Farma hospodaří na 290 ha půdy. Z toho tvoří 195 ha louky, 25 ha pastviny a orná půda 70 ha. V podniku je zaměstnáno šest pracovníků včetně oddělení rostlinné výroby. Na pastvě jsou umístěny suchostojné krávy (21) a březí jalovice (12) od května do října. Poslední měsíc jsou přikrmovány senem.

Forma ustájení pro dojnice je na kejďě, která je shrnována hydraulickou lopatou. Krávy jsou ustájeny na lehacích matracích a mají zajištěn volný pohyb po stáji. Porodna je stlaná slámou. Krávy jsou napájeny z miskových žlabů. Telata po narození jsou chována individuálně v klecích s přístřeškem venku, což má podle chovatele příznivý vliv na jejich zdraví. Poté jsou telata přemístěna do skupinového ustájení.

Užitkovost krav za normovanou laktaci 305 dní činí okolo 7 300 l. Laktační délka je však o něco delší a trvá 325 dní. Z celkového množství 103 krav je průměrně 82 krav v laktaci a 21 suchostojných. Počet dojení za den je 2,7 podle návštěv dojícího robota. Průměrný počet laktací na zvíře činí asi 3,25. V systému se ročně porazí 24 krav.

Cílem farmy je ustálení chovu na 120 kusech dojených krav a navýšení produkce mléka o 10-12 %.

### 3.2.3. Charakteristické rysy produkčních systémů

Údaje o chovech pro oba typy systémů byly pro snadnější porovnání shrnuty do tabulky 5.

Tabulka 5: Charakteristické rysy obou produkčních systémů.

System (2015)	intenzivní	smíšený
<i>Plemeno skotu</i>	Český strakatý skot	Český strakatý a holštýnský skot
počet krav v laktaci	320	82
počet suchostojných krav	70	21
jalovice (1-2 roky)	200	52
telata	35	48
zvířata v laktaci (%)	82	79.6
zvířata opouštějící farmu (kg.rok <sup>-1</sup> )	110	24
průměrná váha dospělé krávy (kg)	580	555
<i>System (2015)</i>		
založení (rok)	2013	1992
oblast farmy (ha)	1350	290
areál kravína (ha)	4	1.2
pastviny (ha)	0	25
počet dojení za den	2	2.7
roční laktáční délka (dny)	297	325
výnos ECM* na krávu (ECM.kg.rok <sup>-1</sup> )	7829	8570
mléčný výnos na krávu (kg.rok <sup>-1</sup> )	7559	8552
produkce ECM* na hektar (ECM.kg.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )	2262	3044
produkce mléka na hektar (kg.ha <sup>-1</sup> .rok <sup>-1</sup> )	2184	3037
celková produkce ECM* (ECM.t.rok <sup>-1</sup> )	3053	883
celková produkce mléka (t.rok <sup>-1</sup> )	2948	881
složení mléka, bílkoviny (%)	3.55	3.35
složení mléka, tuk (%)	4.2	4.05
počet čistících procesů za den	2	2
<i>vodní zdroje</i>		
pití dobytka	obecní vodovod	obecní vodovod
čistící procesy	obecní vodovod	obecní vodovod

### 3.2.4. Spotřeba vody na pití

Spotřeba pitné vody závisí na proměnlivých faktorech, jako je typ plemene, věk, váha, hospodářský systém, teplota prostředí, atd (Chapagain, Hoekstra, 2003). Data o spotřebě vody pro pití dobytka pro jednotlivé kategorie zvířat byla poskytnuta farmáři. V tabulce 6 jsou představeny objemy vody na jedno zvíře pro danou kategorii a systém.

Tabulka 6: Spotřeba vody na pití pro intenzivní a smíšený hospodářský systém.

Hospodářský systém	intenzivní			smíšený		
	Tele	Jalovice	Dojnice	Tele	Jalovice	Dojnice
Množství denní spotřeby (l/den/zvíře)	10-30	30-50	70	15	20	40
Průměrná denní spotřeba (l/den/zvíře)	20	40	70	15	20	40

### 3.2.5. Spotřeba vody na služby

Data o spotřebě vody byla rozdělena podle charakteru do dvou tabulek. Potřeba vody pro účely obsluhy dobytka jsou vyjádřeny v tabulce 7. U telat se používá voda na mytí kyblíků s pitnou vodou. U dojnic je spotřeba vody na mytí vemene a další služby. Všechny hodnoty jsou udány na jedno zvíře pro danou kategorii a systém.

Tabulka 6: Spotřeba vody na obsluhu zvířat pro intenzivní a smíšený systém.

Hospodářský systém	intenzivní			smíšený		
	Tele	Jalovice	Dojnice	Tele	Jalovice	Dojnice
Průměrná denní spotřeba (l/den/zvíře)	5	0	30	1	0	2.7

Tabulka 7: Spotřeba vody na čisticí procesy pro intenzivní a smíšený systém.

Hospodářský systém	intenzivní			smíšený		
	Počet za den	Množství vody na proces (l)	Množství vody (m <sup>3</sup> /den)	Počet za den	Množství vody na proces (l)	Množství vody (m <sup>3</sup> /den)
Tank na mléko	1	500	0.5	1	160	0.16
Dojicí stroje/ Dojicí roboty	2	500	1	4	120	0.48
Mytí dojírny/ Mechanická očista robotů	2	2000	4	2	100	0.2
Praní utěrek	2	300	0.6	-	-	-

Velké množství vody je spotřebováno na čisticí procesy, které jsou pro oba hospodářské systémy podobné. V tabulce 8 jsou tyto procesy popsány. Jedná se o proplach tanku na mléko, další spotřeba vody vzniká při očištění dojících strojů (intenzivní systém) a robotů (smíšený systém). V intenzivním hospodářství se využívá pro čištění vemen dezinfekce a utěrky, které jsou následně vyprány. Ve smíšeném systému mytí vemen zastává robot, který využívá pouze malé množství vody.

### **3.2.6. Objem a složení potravy pro dobytek**

Během vývoje a růstu zvířat se mění požadavek na množství a složení krmiva. Pro účely výpočtu vodní stopy jsou zvířata rozdělena podle věku do tří skupin na telata (0-1 rok), jalovice (1-3 roky) a dojnice (3-10 let). U telat příjem krmiva roste lineárně s věkem, proto je do výpočtu zahrnuta spotřeba krmiva na půl roce. Obecně jsou krmiva pro dobytek rozlišována na jadrná a objemová.

Jadrná krmiva obsahují vysoké množství živin a jsou obvykle chudá na obsah surových vláken (méně než 18% obsahu sušiny). Jadrná krmiva mají vysoký obsah energie (např. obilí a vedlejší produkty mletí), nebo mohou obsahovat velké množství bílkovin (např. proteinová jídla rostlinného nebo živočišného původu).

Objemová krmiva mají naopak nízké hodnoty živin, ale obsah surových vláken v sušině je vyšší než 18 %. Součástí objemových krmiv jsou hrubé, nestravitelné složky, které zajišťují objem potravy a podporují normální funkci střev. Patří sem čerstvé nebo suché stonky a listy travin, kukuřice, jetele, vojtěšky a také seno, sláma, píce a stlačené nebo granulované krmivo. Zdrojem objemových krmiv jsou dočasné nebo trvalé pastviny a půda pro pěstování sena, senáže a siláže.

Složení jadrné směsi a objemového krmiva pro telata v intenzivním a smíšeném hospodářském systému je uvedeno v tabulkách 9 a 10. Složení jadrného a objemového krmiva v daném systému pro jalovice ukazují tabulky 11 a 12 a hodnoty krmných směsí pro dojnice jsou prezentovány v tabulkách 13 a 14.

Tabulka 8: Složení jadrné směsi pro telata (0-1 rok) pro intenzivní a smíšený systém.

Jádro	intenzivní systém			smíšený systém		
	jednotky	%	kg/den	t/rok	%	kg/den
směs celkem	100	1.50	0.55	100	0.75	0.27
sojový šrot	15	0.23	0.08	0	0	0
řepkový šrot	10	0.15	0.05	0	0	0
pšenice	35	0.53	0.19	50	0.38	0.14
ječmen	35	0.53	0.19	50	0.38	0.14
minerálie	1	0.02	0.01	-*	-	-
vápenec	2	0.03	0.01	-	-	-
sůl	2	0.03	0.01	-	-	-
plodiny celkem	95	1.43	0.52	100	0.75	0.27

\*přesný obsah minerální výživy není znám, je aplikován formou lizu (z hlediska vodní stopy se jedná o nepodstatný údaj)

Tabulka 9: Složení objemového krmiva pro telata (0-1 rok) pro intenzivní a smíšený systém.

Objem	intenzivní systém			smíšený systém		
	jednotky	%	kg/den	t/rok	%	kg/den
vláknina celkem	100	12	4.38	100	6.25	2.28
siláž	0	0	0	48	3	1.10
senáž	83	10	3.65	48	3	1.10
seno (sušina)	17	2	0.73	4	0.25	0.09

Tabulka 10: Složení jadrného krmiva pro jalovice (1-3 roky) pro intenzivní a smíšený systém.

Jádro	intenzivní systém			smíšený systém		
	jednotky	%	kg/den	t/rok	%	kg/den
směs celkem	100	0.75	0.27	100	0.75	0.27
řepkový šrot	56	0.42	0.15	0	0	0
pšenice	16	0.12	0.04	50	0.38	0.14
ječmen	20	0.15	0.05	50	0.38	0.14
minerálie	3	0.02	0.01	-*	-	-
sůl	5	0.04	0.01	-	-	-
plodiny celkem	92	0.69	0.25	100	0.75	0.27

\*přesný obsah minerální výživy není znám, je aplikován formou lizu (z hlediska vodní stopy se jedná o nepodstatný údaj)

Tabulka 11: Složení objemového krmiva pro jalovice (1-3 roky) pro intenzivní a smíšený systém.

Objem jednotky	intenzivní systém			smíšený systém		
	%	kg/den	t/rok	%	kg/den	t/rok
celkem vláknina	100	32	11.68	100	18.5	6.75
siláž	0	0	0	48.6	9	3.29
senáž	94	30	10.95	48.6	9	3.29
seno (sušina)	6	2	0.73	2.7	0.5	0.18

Tabulka 12: Složení jadrného krmiva pro dojnice (3-10 let) pro intenzivní a smíšený systém.

Jádro jednotky	intenzivní systém			smíšený systém		
	%	kg/den	t/rok	%	kg/den	t/rok
směs celkem	100	9	3.29	100	5.5	2.01
pšenice	0	0	0	31.5	1.73	0.63
sojový šrot	15	1.35	0.49	31.5	1.73	0.63
řepkový šrot	15	1.35	0.49	31.5	1.73	0.63
tritikale	35	3.15	1.15	0	0	0
ječmen	28	2.52	0.92	0	0	0
minerálie	3	0.27	0.10	-*	-	-
vápenec	1.5	0.14	0.05	-	-	-
soda	1.5	0.14	0.05	-	-	-
sůl	1	0.09	0.03	-	-	-
plodiny celkem	93	8.37	3.06	94.5	5.20	1.90

\*přesný obsah minerální výživy není znám, je aplikován formou lizu (z hlediska vodní stopy se jedná o nepodstatný údaj)

Tabulka 13: Složení objemového krmiva pro dojnice (3-10 let) pro intenzivní a smíšený systém.

Objem jednotky	intenzivní systém			smíšený systém		
	%	kg/den	t/rok	%	kg/den	t/rok
celkem vláknina	100	38	13.87	100	25.75	9.40
kukuřičná siláž	47	18	6.57	47.6	12.25	4.47
travní senáž	53	20	7.3	47.6	12.25	4.47
seno (sušina)	0	0	0	4.9	1.25	0.46

Složení a množství potravy pro březí jalovice a suchostojné dojnice u smíšeného systému bylo spočítáno odlišným způsobem. Předpokládá se, že pastva dobytka trvá od května do října (184 dní) a po zbytek roku je složení stravy v dané kategorii stejné (181 dní). Množství krmiva spotřebovaného v dané kategorii bylo vynásobeno počtem dní. Bylo zohledněno příkrmování senem během října (31 dní) podle množství sena uvedeného

farmářem tak, že byla pastva ponížena o hodnotu příkrmovaného sena. Vzhledem k tomu, že není známo množství spasené trávy, byla sečtena spotřeba jaderného a objemného krmiva na jeden den a vynásobena počtem dní strávených na pastvě (153).

### 3.2.7. Vodní stopy plodin

Vodní stopy plodin obsažených v krmivu byly převzaty z dostupných zdrojů ze dvou hlavních důvodů, a to pro velkou časovou náročnost výpočtu a neúměrný rozsah práce. Vzhledem k tomuto kroku jsou bohužel výpočty zatíženy určitou chybou.

V tabulce 15 jsou uvedeny vodní stopy krmných plodin pěstovaných v České republice, které byly spočítány různými autory a pro různá časová období. Vodní stopy od různých autorů jsou uvedeny pro srovnání a také jako kontrola správnosti výsledků starších studií. Vzhledem k faktu, že ani jedna z farem nepoužívá ke zvýšení produkce plodin zavlažování, jsou do výpočtu zahrnuty pouze zelené vodní stopy domácích plodin.

Tabulka 14: Vodní stopy krmných plodin pro ČR podle různých autorů m<sup>3</sup>/t.

Krmná plodina	Chapagain, Hoekstra, 2004 (1997-2001) <sup>3)</sup>	Mekonnen, Hoekstra, 2010 (1996-2005) <sup>3)</sup>	Landová, 2011 (2009) <sup>3)</sup>	Žlábkova, 2013 (2012) <sup>3)</sup>
	nerozlišeno <sup>1)</sup>	zelená	zelená	zelená
pšenice	1180	718	629	737
tritikale	80	812	-	-
ječmen	1248	657	-	-
řepka olejka	1395	1562	-	1492
trávy na senáž <sup>2)</sup>	190	-	-	-
jetel na senáž <sup>4)</sup>	18	-	-	-
kukuřice na siláž	108	-	-	-

<sup>1)</sup> Tyto údaje o vodní stopě zahrnují modrou i zelenou vodní stopu, protože nebyly ještě metodicky rozlišeny.

<sup>2)</sup> Vodní stopa trav pro Českou republiku nebyla dostupná, je tedy nahrazena údajem o vodní stopě trav pro Rakousko.

<sup>3)</sup> Rok nebo rozmezí let v závorce představují časové období, ke kterému se vztahuje údaj o vodní stopě.

<sup>4)</sup> Pozn.: jetel je zde uveden z důvodu, že byla senáž označena farmáři jako jetelo-travní.

Vodní stopa pro většinu plodin obsažených v krmné dávce byla převzata z výsledků studie Mekonnen a Hoekstra (2010), kteří spočítali vodní stopu pro různé státy a také pro Českou republiku. Vodní stopa pro trávy, jetel a kukuřici na siláž byla převzata

z předcházející studie z roku 2004 (Chapagain a Hoekstra, 2004), neboť studie Mekonnen a Hoekstra (2010) již vodní stopy pro tyto plodiny nezahrnovala. Jelikož není znám přesný obsah jetele v travní senáži, senu ani pastvě, nebyla do výpočtu vodní stopa jetele zahrnuta.

Potrava pro zvířata u obou kravínů pochází z vlastní produkce. Jediným produktem, který se dováží, je sója. Mezi státy, ze kterých farmáři dovážejí tuto plodinu, patří Brazílie, Argentina a Chile. Protože chybí údaje o přesném poměru množství dovážené plodiny z různých států, byla provedena aproximace podle průměru vodních stop. Modrá vodní stopa byla pro její nízkou hodnotu zanedbaná. Vodní stopy pro sóju jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 15: Vodní stopy pro sóju podle exportní země v m<sup>3</sup>/t. (Mekonnen a Hoekstra, 2010)

	zelená VS	modrá VS
Argentina	2 094	5
Brazílie	2 181	1
Chile	-*	-
průměrná hodnota	2 137.5	3

\*údaj není dostupný

Vodní stopy použité pro výpočet jsou shrnuty v tabulce 17. Jelikož byl k dispozici pouze údaj o vodní stopě travní senáže, byl použit i pro vodní stopy sena a pastvy. Informace o množství sena byla podána v sušině. Aby mohla být použita vodní stopa pro senáž, bylo potřebné přepočítat sušinu sena na hodnotu senáže za předpokladu, že obsah vody v sušině je 15 % a obsah vody v senáži uváděný farmáři 65 %. Pro pastvu nebyly hodnoty přepočítávány.

Tabulka 16: Vodní stopy krmných plodin použité pro výpočet vodní stopy mléka v m<sup>3</sup>/t.

Pšenice	718
Tritikale	812
Ječmen	657
Sojový šrot	2138
Řepkový šrot	1562
Trávy na senáž	190
Seno (65 % vlhkost)	190
Pastva	190
Kukuřice na siláž	108



### 3.2.8. Voda obsažená v krmné směsi

Objemná krmiva obsahují velké množství vody. Obsah vody byl stanoven farmáři pro senáž 65 % (stejná hodnota byla pro potřeby výpočtu přejata pro pastvu a seno) a pro siláž 75 %. Všechna krmiva byla převedena na 15 % sušinu, takže obsah vody v nich činil 50 a 55 % podle druhu. V tabulce 18 je prezentován skutečný obsah vody v potravě a přibližný, stanovený jako 50 % z celkového množství spotřebovaného krmiva. Pro výpočet byla použita aproximovaná hodnota, jak je uvedena v metodice a to z důvodu, že použití reálného nebo aproximovaného odhadu ve výpočtu nemá na výsledné hodnoty vodních stop žádný vliv.

Tabulka 17: Přibližný a reálný obsah vody v krmné směsi pro intenzivní a smíšený systém.

Hospodářský systém	intenzivní			smíšený				
	telata	jalovice	dojnice	telata	jalovice	březí jalovice	dojnice	sucho-stojné
Celkové množství potravy (t/rok)	7.33	14.37	16.93	2.86	7.63	7.63	12.93	12.93
Obsah vody v krmné směsi								
přibližně 50 % z celkové spotřeby krmiva (m <sup>3</sup> /rok)	3.67	7.18	8.46	1.43	3.82	3.82	6.46	6.46
Reálný obsah vody ve směsi (m <sup>3</sup> /rok)	3.41	7.06	7.26	1.35	3.84	3.83	5.68	6.00

### 3.3. Výpočet vodní stopy produktu

Do výpočtu byla zahrnuta pouze modrá a zelená vodní stopa, šedá stopa byla z výpočtu vyloučena. Důvodem pro vyloučení šedé vodní stopy je její koncepční i metodická odlišnost, a také nedostatek dat pro šedou vodu všech plodin.

Protože se mléko z obou farem se liší obsahem tuků a bílkovin, byla použita korekce podle obsahu energetické hodnoty (Energy Corrected Milk), abychom mohli porovnat mléko rozdílné kvality. Korekce vyjadřuje množství energie ve vyprodukovaném mléku přizpůsobené 3,5 % tuku a 3,2 % bílkovin. Výpočty, které využívají tento model, jsou odlišné od těch, které využívají skutečné (neupravené) hodnoty mléka. (Palhares a Pezzopane, 2015)

Korekce na energetický obsah mléka je vyjádřena vzorcem:

$$ECM = \text{nádoj v kg} \times (0,25 + 0,122 \times \% \text{ tuku} + 0,077 \times \% \text{ bílkovin}). \text{ (Majzlík, 2007)}$$

Vodní stopa živého zvířete se skládá ze tří složek a je vyjádřena vzorcem:

$$VS = VS_{krmiva} + VS_{pití} + VS_{služeb}$$

kde  $VS_{krmiva}$  zastupuje vodní stopu spotřebované potravy,  $VS_{pití}$  zastupuje vodní stopu vody spotřebované zvířetem na pití a  $VS_{služeb}$  vyjadřuje vodní stopu vody spotřebované na provoz a obsluhu. Provozní voda se využívá k mytí dojných zařízení, nádrží na vodu, mytí zvířat a provádění jiných aktivit nutných k údržbě prostředí.

Vodní stopa zvířat a její tři složky mohou být vyjádřeny v jednotkách –  $\text{m}^3/\text{na zvíře}$ . U hovězího skotu a obecně u zvířat, která nabízí své produkty až po té, co jsou poražena, je užitečnější hledět na vodní stopu na konci jejich života, protože tento celek bude rozvržený do různých produktů. Naopak pro mléčný skot je lepší hledět na vodní stopu zvířat za jeden rok (zprůměrovaný za jejich život), protože lze jednoduše vztáhnout roční vodní stopu zvířete k jeho průměrné roční produkci mléka. (Mekonnen, Hoekstra, 2010)

Vodní stopa zvířat obsažená v potravě se skládá z vodních stop jednotlivých složek potravy a vody, která je obsažena v krmivu fyzicky:

$$VS_{krmiva} = \frac{\sum_{p=1}^n (Krmivo[p] \times VS_{prod}[p]) + VS_{směsná}}{Pop}$$

$Krmivo [p]$  představuje roční spotřebu složek potravy  $p$  v jednotkách  $\text{t.rok}^{-1}$ .  $VS_{prod}[p]$  zahrnuje vodní stopu jednotlivých složek potravy  $p$  a uvádí se v  $\text{m}^3.\text{rok}^{-1}$ .  $VS_{směsná}$  je určena množstvím vody spotřebovaným na mísení potravy ( $\text{m}^3.\text{rok}^{-1}.\text{zvíře}^{-1}$ ).  $Pop$  je počet poražených zvířat na rok v hospodářském systému.

### 3.3.1. Vodní stopa výstupních produktů

Obsah virtuální vody ve zpracovaných výrobcích závisí na objemu virtuální vody primární produkce nebo zvířat, ze kterých je výrobek zpracován. Předpokládá se, že každý jednotlivý výrobek je zpracován pouze z jednoho typu primární plodiny nebo zvířete. (Hák, 2008)

Lze rozlišit různé úrovně produkce. Výrobky přímo využívající primární plodinu nebo zvíře jsou nazývány primární produkty. Kupříkladu kravské mléko, maso či kůže. Některé tyto primární produkty jsou dále zpracovávány na tzv. sekundární produkty, jako např. máslo nebo sýr z mléka, maso a uzeniny z čerstvého masa. (Hák, 2008)

Obsah virtuální vody ve zpracovaných výrobcích z rostlinné či živočišné produkce zahrnuje část virtuální vody obsažené v primární produkci nebo zvířectvu plus vodu potřebnou na zpracovávání. (Hák, 2008)

Pokud je nějaká spotřebovaná vody během zpracování zahrnuta, je tato procesní voda přidána k vodní stopě vstupních produktů před tím, než je rozdělena do různých výstupních produktů. Vodní stopa výstupního produktu je spočítána následovně (Hoekstra et al., 2011):

$$VS_{prod}[p] = \left( VS_{proc}[p] + \sum_{i=1}^y \frac{VS_{prod}[i]}{f_p[p,i]} \right) \times f_{v[p]}[p] \quad [\text{objem/hmotnost}],$$

kde  $VS_{prod}[p]$  je vodní stopa (objem/hmotnost) výstupního produktu  $p$ ,  $VS_{prod}[i]$  vodní stopa vstupního produktu  $i$  a  $VS_{proc}[p]$  procesní vodní stopa procesního kroku, který přemění  $y$  vstupní produkty na  $z$  výstupní produkty, vyjádřené ve spotřebě vody na jednotku zpracovávaného produktu  $p$  (objem/hmotnost). Parametr  $f_p[p, i]$  je takzvaná produktová frakce a parametr  $f_{v[p]}[p]$  je hodnota podílu. Obojí bude definováno níže. Je třeba si uvědomit, že rovnice vodní stopy procesu se bere ve smyslu objemu vody na jednotku zpracovávaného produktu; pokud je vodní stopa procesu dána na jednotku určitého vstupního produktu, daný objem je třeba rozdělit mezi hodnoty podílu pro vstupní produkty.

Hodnota podílu výstupního produktu  $p$ , která je zpracovaná z vstupního produktu  $i$  ( $f_p[p, i]$ , hmotnost/kus) je definována jako množství výstupního produktu ( $w[p]$ , hmotnost) získaná na množství vstupního produktu ( $w[i]$ , hmotnost):

$$f_p[p, i] = \frac{w[p]}{w[i]} [-],$$

Hodnota podílu výstupního produktu  $p$  ( $f_{v[p]}[p]$ , měnová jednotka/měnová jednotka) je definována jako poměr tržní hodnoty daného produktu a souhrnné tržní hodnoty všech výstupních produktů ( $p=1$  do  $z$ ) získaných z vstupních produktů:

$$f_{v[p]}[p] = \frac{cena[p] \times w[p]}{\sum_{p=1}^z (cena[p] \times w[p])} [-],$$

kde  $cena[p]$  odkazuje na cenu produktu  $p$  (měnová jednotka/hmotnost). Jmenovatel je součtem všech  $z$  výstupních produktů ( $p=1$  na  $z$ ), které pochází z vstupních produktů.

Abychom vypočítali vodní stopu konečného produktu v produkčním systému, je lépe začít výpočet vodní stopy od nejpůvodnějších zdrojů (kde začíná zásobovací řetězec) a vypočítat krok za krokem vodní stopy prostředních produktů, ze kterých můžeme spočítat vodní stopu pro koncový produkt.

Výpočet vodní stopy mléka pro intenzivní systém je popsán v příloze 1 a výpočet pro smíšený systém je v příloze 2.

## 4. Výsledky a diskuse

Dosud nebylo vydáno mnoho studií, které se věnují výzkumu na podobné bázi, jako je tato práce. V dostupné literatuře byla nalezena pouze studie Palhares a Pezzopane (2015) zabývající se výpočtem vodní stopy mléka pro organický (ekologický) a konvenční produkční systém v Brazílii. Výsledky práce budou porovnány s výsledky této dostupné studie.

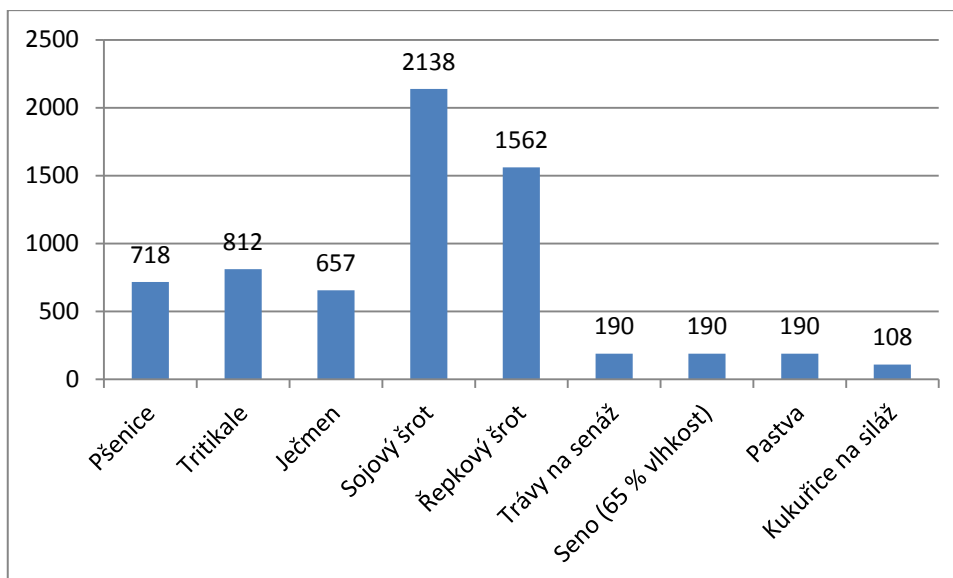
Výpočty vodních stop pro intenzivní a smíšený hospodářský systém jsou prezentovány v tabulce 19. Z hodnot vyplývá, že z celkového množství spotřebované vody tvoří zelená voda (nebo také virtuální voda či nepřímá voda obsažená v potravě) 99.3 % v intenzivním a 99.54 % ve smíšeném systému.

Tabulka 18: Vodní stopa pro intenzivní a smíšený hospodářský systém

Typ systému	intenzivní		smíšený	
	zelená	modrá	zelená	modrá
Druh VS				
Celková VS (m <sup>3</sup> )	2 794 598	19 701	555 578	2 551
VS na tunu krávy (m <sup>3</sup> /t)	43 802	309	41 710	192
VS surového mléka (m <sup>3</sup> /t)	852	6	595	3
VS masa (m <sup>3</sup> /t)	3 023	21	2 264	10

Mekonnen a Hoekstra (2012) zaznamenali, že vodní stopa na kg pro jadrná krmiva je obecně větší než pro objemná krmiva. Vodní stopy plodin byly převzaty od těchto autorů a jsou znázorněny na obr. 5. Je zde patrný značný rozdíl ve vodní stopě mezi jadrným a objemným typem krmiva.

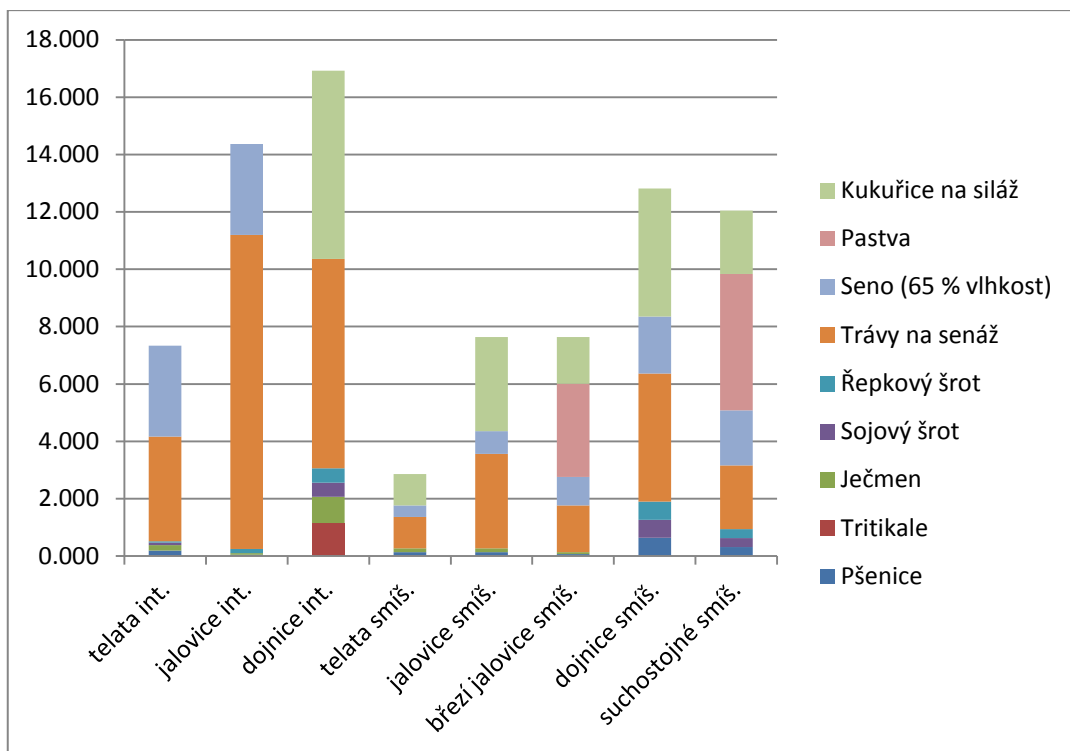
Pro výslednou hodnotu vodní stopy je větší množství objemných krmiv ve stravě skotu výhodou, naopak větší poměr jadrných krmiv vodní stopu zvyšuje.



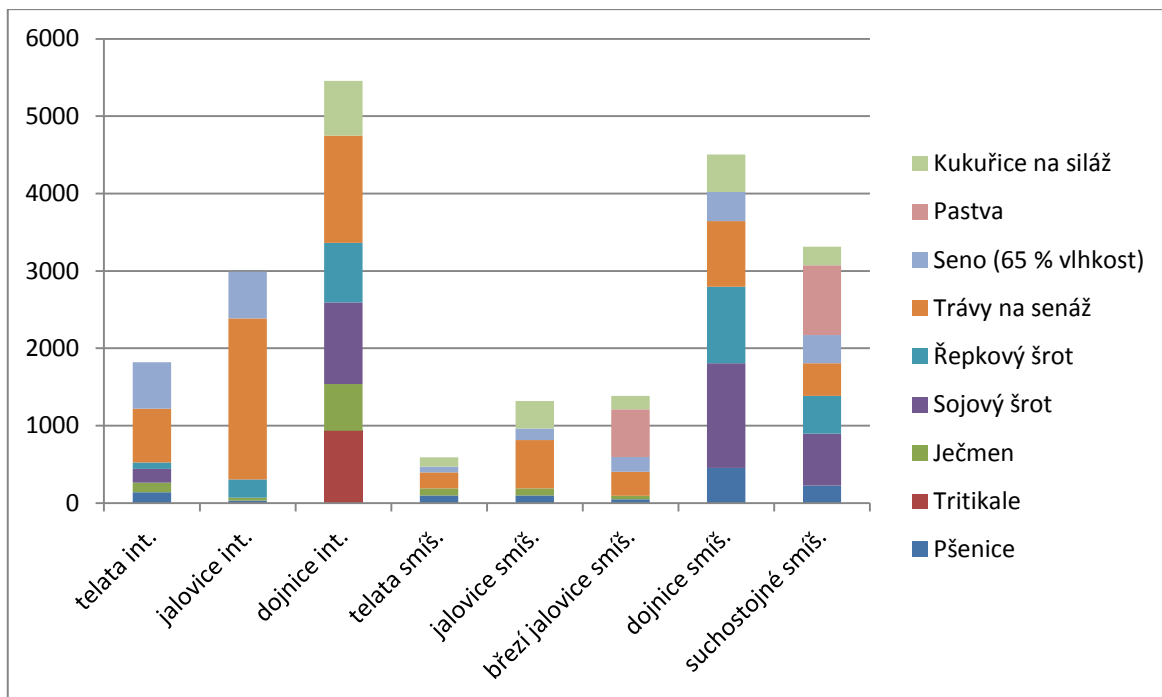
Obrázek 5: Vodní stopy pro jednotlivé zkrmované plodiny (m<sup>3</sup>/t)

Na obr. 6 jsou znázorněny typy strav pro jednotlivé kategorie skotu v intenzivním a smíšeném hospodářském systému. Obr. 7 ukazuje hodnoty vodní stopy pro jednotlivé složky krmiva pro kategorii zvířat v intenzivním a smíšeném hospodářském systému. Jadrná směs v zelené vodní stopě reprezentuje 49.8 % pro intenzivní a 52.4 % pro smíšený systém. Z tohoto pohledu vykazuje hodnocený smíšený systém o trochu vyšší míru intenzifikace. Správný zemědělský management má pozitivní vliv na zelenou vodní stopu a účinné využívání vody. Palhares a Pezzopane (2015) určili obsah jadrné směsi v krmivu pro konvenční systém 62.5 % a pro organický 68.27 %.

Mekonnen a Hoekstra (2012) uvedli, že jednou z hlavních nejistot ve výpočtu vodní stopy je určení přesného složení krmiva pro kategorii zvířat. Palhares a Pezzopane (2015) zmínili, že pokud je dostupné přesné složení krmiva pro každé zvíře a produkční systém, má to pozitivní vliv na výpočet zelené vodní stopy.



Obrázek 6: Spotřeba krmiva na jedno zvíře pro všechny kategorie skotu v intenzivním a smíšeném systému v t/rok.



Obrázek 7: Vodní stopa podle množství spotřebovaného krmiva a produkčního systému na jedno zvíře (m³/rok)

V intenzivním hospodářském systému dosahoval počet zvířat v laktaci 82 %, u smíšeného systému byl nižší, tj. 79.6 %. Palhares a Pezzopane (2015) získali podobné výsledky: počet zvířat v laktaci byl pro konvenční systém 81 % a pro organický 73 %. Podle Palhares a Pezzopane (2015) je ideální index pro počet zvířat v laktaci 81 %. Zlepšení tohoto indexu by mělo pozitivní vliv na hodnoty vodních stop v důsledku vyšší produkce mléka bez významných změn ve spotřebě zelené, modré a šedé vody.

Jiným důležitým indexem je počet krav v systému, který činí 62.4 % pro intenzivní a 51 % pro smíšený systém. Palhares a Pezzopane (2015) zjistili hodnotu indexu pro konvenční systém 65 % a v organickém 52 %. Jejich hodnocení zní, že v případě organického hospodářství má systém více kusů skotu, které spotřebovávají vodu, ale neprodukují mléko.

Intenzivní farma prodá více krav během roku (17.6 %) na rozdíl od smíšené farmy (11.8 %). Palhares a Pezzopane (2015) publikovali, že organická farma z jejich studie prodala více kusů krav za rok. Z výsledků došli k závěru, že ekonomická rozhodnutí ovlivňují hodnoty stopy (tj. zvýšený prodej krav může zvýšit hodnotu vodní stopy). Počet prodaných krav ovlivňuje hodnotu alokačního faktoru (value fraction) pro rozdělení vodní stopy do produktů. Alokační faktor pro mléko je pro daný intenzivní systém 0.931 a pro smíšený systém 0.946. Pokud má produkční systém prodej masa jako alternativu zisku a udržuje vysokou produkci mléka na krávu, bude vodní stopa mléka nižší.

Výsledky dále ukázaly, že největší položku v modré vodě tvoří voda pro pití dobytka. Vodní stopa surového mléka byla stanovena pro intenzivní systém 6 l/kg a pro smíšený systém 3 l/kg. K stejnému výsledku došel Drasting et al. (2010), který spočítal spotřebu modré vody na 3.6 l/kg surového mléka a shledal, že proces s nejvyšší spotřebou modré vody je přísun vody na pití pro dobytek. Palhares a Pezzopane (2015) došli k podobnému výsledku, když odečetli vodu potřebnou na zavlažování. Jejich výsledky pro konvenční systém byly 3.5 l/kg pro konvenční a 5.6 l/kg pro organický systém.

Zelená vodní stopa surového mléka činila 852 l/kg pro intenzivní a 595 l/kg pro smíšený systém. Palhares a Pezzopane (2015) zjistili, že zelená vodní stopa surového



mléka upraveného podle energetické hodnoty tvořila 884 l/kg pro konvenční a 702 l/kg pro organický systém.

Zelená vodní stopa masa, která byla spočítána zároveň s vodní stopou mléka, tvořila 3 023 l/kg pro intenzivní a 2 264 l/kg pro smíšený systém. Modrá vodní stopa masa tvořila 21 l/kg pro intenzivní a 10 l/kg pro smíšený systém.

Celková zelená vodní stopa na tunu dojnice byla pro intenzivní systém 43 802 m<sup>3</sup>/t a pro smíšený systém 41 710 m<sup>3</sup>/t. Celková modrá vodní stopa na tunu dojnice tvořila 309 m<sup>3</sup>/t pro intenzivní systém a 192 m<sup>3</sup>/t pro smíšený systém.

## 5. Závěr

Tato studie prezentuje první výsledky o vodní stopě pro dojnice v České republice, na jejíž výpočet byla použita specifická data pro produkční systémy. Studie může předložit užitečný indikátor a způsob, jakým může být udržitelně řízeno využívání vody. To může pomoci aktivním účastníkům porozumět vztahu mezi vodou, zemědělstvím a potravou a podpořit rozhodnutí pro efektivnost a větší udržitelnost produkce mléka.

Výsledky mohou pomoci rozpoznat cesty, jak zvýšit produkci mléka s vyšší efektivitou využití vody a bez přispívání k jejímu nedostatku. Doporučení pro snížení spotřeby vody analyzovaných systémů představují: zvýšení kontroly spotřeby vody instalací nezávislých měřidel a ztotožnění se s lepší praxí hospodaření, aby se zvýšila účinnost využití zelené a modré vody.

Výsledky ukázaly, že vodní stopu mléka velmi ovlivňuje velikost vodních stop pro jednotlivé produkty. Vodní stopa pro jadrná krmiva je větší než pro krmiva objemná. Vodní stopu výstupního produktu také silně ovlivňuje množství prodaných zvířat za rok. Vyšší procento kusů, které opustí systém za daný rok zvyšuje i celkovou vodní stopu mléka. Vyšší produkce mléka naproti tomu snižuje vodní stopu produktů.

Zajímavým postřehem je, že ačkoli je smíšený systém považován za méně intenzivní a využívá ve svém managementu pastvu, zaujímají jadrná krmiva v celkové krmné dávce větší procento, než je tomu u intenzivního systému. Naproti tomu vysoká produkce mléka zapříčinila, že vodní stopa konečných produktů je nižší.

## Seznam zkratek

VS	Vodní stopa
ZVS	Zelená vodní stopa
MVS	Modrá vodní stopa
ČR	Česká republika
ECM	Energy Corrected Milk
SWD	Specific water demand od crop
KU	Kontrola užítkovosti
ČSÚ	Český statistický úřad
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
MZe	Ministerstvo Zemědělství

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Obnovitelné vodní zdroje v letech 2003–2012 v mil. m <sup>3</sup> . (zdroj: ČHMÚ, In: MZe, 2012) .....	20
Tabulka 2: Porovnání skutečných odběrů vody pro závlahy v % povolených objemů. (Zdroj: S. p. Povodí, In: Punčochář et al. eds., 2015).....	22
Tabulka 3: Vývoj stavů hospodářských zvířat v letech 1990 až 2015. (zdroj: ČSÚ) .....	32
Tabulka 4: Výsledky kontroly užítkovosti podle plemen v roce 2014 v ČR. (Kvapilík a kol., 2015) .....	37
Tabulka 5: Charakteristické rysy obou produkčních systémů.....	42
Tabulka 7: Spotřeba vody na obsluhu zvířat pro intenzivní a smíšený systém.....	43
Tabulka 8: Spotřeba vody na čistící procesy pro intenzivní a smíšený systém. ....	43
Tabulka 9: Složení jaderné směsi pro telata (0-1 rok) pro intenzivní a smíšený systém. ....	45
Tabulka 10: Složení objemového krmiva pro telata (0-1 rok) pro intenzivní a smíšený systém. ....	45
Tabulka 11: Složení jaderného krmiva pro jalovice (1-3 roky) pro intenzivní a smíšený systém. ....	45
Tabulka 12: Složení objemového krmiva pro jalovice (1-3 roky) pro intenzivní a smíšený systém. ....	46
Tabulka 13: Složení jaderného krmiva pro dojnice (3-10 let) pro intenzivní a smíšený systém. ....	46
Tabulka 14: Složení objemového krmiva pro dojnice (3-10 let) pro intenzivní a smíšený systém. ....	46
Tabulka 15: Vodní stopy krmných plodin pro ČR podle různých autorů m <sup>3</sup> /t. ....	47
Tabulka 16: Vodní stopy pro sóju podle exportní země v m <sup>3</sup> /t. (Mekonnen a Hoekstra, 2010).....	48
Tabulka 17: Vodní stopy krmných plodin použité pro výpočet vodní stopy mléka v m <sup>3</sup> /t.....	48
Tabulka 18: Přibližný a reálný obsah vody v krmné směsi pro intenzivní a smíšený systém. ....	49
Tabulka 19: Vodní stopa pro intenzivní a smíšený hospodářský systém.....	53

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Množství objemu vody vyrobené z vodovodů a fakturované vody celkem v letech 1989 a 2002–2012. (zdroj: ČSÚ) .....	17
Obrázek 2: Odběry povrchových vod v ČR v letech 1980 až 2012. (zdroj: MZe, s. p. Povodí, In: MZe, 2012).....	18
Obrázek 3: Odběry podzemních vod v ČR v letech 1980 až 2012. (zdroj: MZe, s. p. Povodí, In: MZe, 2012).....	19
Obrázek 4: Mapka zemědělského sucha z vyhodnocení situace v období 1961–2000. (Zdroj: Punčochář et al. eds., 2015) .....	21
Obrázek 5: Vodní stopy pro jednotlivé zkrmované plodiny ( $\text{m}^3/\text{t}$ ).....	54
Obrázek 6: Spotřeba krmiva na jedno zvíře pro všechny kategorie skotu v intenzivním a smíšeném systému v t/rok. ....	55
Obrázek 7: Vodní stopa podle množství spotřebovaného krmiva a produkčního systému na jedno zvíře ( $\text{m}^3/\text{rok}$ ) .....	55

## Seznam použité literatury

- Allan, J., A. (1993a): Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. In: *Priorities for water resources allocation and management*, ODA, London. 13-26 str.
- Allan, J., A. (1993b): Virtual water – the water, food, and trade nexus: useful concept or misleading metaphor? *Water International* 28 (1). 106-112 str. In: Thaler, S., Zessner, M., Bertran De Lis, F., Kreuzinger, N., Fehring, R. (2012): Considerations on methodological challenges for water footprint calculations. *Water Science & Technology*. 65.7: 1258-1264.
- Allan, J., A. (1994): Overall perspectives on countries and regions In: Rogers, P. and Lydon, P. *Water in the Arab World: perspectives and prognoses*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 65-100 str.
- Ansorge, L., Zeman, M. (2015): Metodika pro stanovení potřeb vody na základě indikátorů hnacích sil potřeby vody. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i. Praha. 62 str.
- Balážková, B., Nosková, M., eds. (2015): *Zemědělství 2014*. Ministerstvo Zemědělství, Těšnov 17, 110 00 Praha 1. 132 str.
- Bulíček, J. (1972): *Povrchové vody v Československu a jejich ochrana*. Praha, Academia, 354 str. In: Lellák, J., Kubíček, F. (1991): *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Karolinum, Praha 1992. 1.vyd. 260 str.
- ČSÚ (2014): *Spotřeba potravin – 2014*. [cit. 2016-04-12] <[www.czso.cz](http://www.czso.cz)>
- ČSÚ (2015): *Vody je dost. Zatím...* Statistika a my. Měsíčník Českého statistického úřadu. [cit. 2016-04-12] dostupné z <<http://www.statistikaamy.cz/>>
- D'Silva, J., Webster, J., eds. (2010): *The Meat Crisis: Developing More Sustainable Production and Consumption*. London, Earthscan, 1.vyd.: 22-33.
- Drasting, K., Prochnow, A., Kraatz, S., Klauss, H., Plochl, M., (2010): Water footprint analysis for the assessment of milk production in Brandenburg (Germany). *Adv. geosci.* 27, 65-70 str.
- Eurostat (2015): *Water exploitation index*. EUROSTAT. [cit. 2016-04-12] dostupné z <<http://ec.europa.eu/eurostat/en>>
- FAO (1995): *World livestock production system*, Food and Agriculture Organization. In: Gerbens-Leens, P., W., Mekonnen, M., M., Hoekstra, A., Y. (2011): *A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems*. Value of water research report series No. 55. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

- FAO (2000): Livestock production system classification, Food and Agriculture Organization, Rome. In: Gerbens-Leens, P., W., Mekonnen, M., M., Hoekstra, A., Y. (2011): A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems. Value of water research report series No. 55. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- FAO (2002): Domestic animal diversity information system, on-line database (DAD-IS), Food and Agriculture Organization, Rome. In: Gerbens-Leens, P., W., Mekonnen, M., M., Hoekstra, A., Y. (2011): A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems. Value of water research report series No. 55. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- FAO (2005): Livestock policy brief 02. Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. In: Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y. (2010): The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Vol 1: Main Report. Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands. 43 str.
- Gerbens-Leenes, P., W., Hoekstra, A., Y., (2009): The Water Footprint of Sweeteners and Bio-Ethanol from Sugar Cane, Sugar Beet and Maize. Value of Water Research Report Series No. 38, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands.
- Gerbens-Leens, P., W., Mekonnen, M., M., Hoekstra, A., Y. (2011): A comparative study on the water footprint of poultry, pork and beef in different countries and production systems. Value of water research report series No. 55. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Hák T., Vrba, J., Landová, L. (2013): Je vodní stopa užitečný ukazatel? Vodní hospodářství. 63 (12). 309-402 str.
- Hák, T. (2008): Voda jako ohrožená ekosystémová služba: kvantitativní přístupy hodnocení. Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí. 17 str.
- Hastings, E., Pegram, G., (2012): Literature Review for the Applicability of Water Footprints in South Africa. WRC Report No. 2099/P/11. Water Research Commission, Gezina, South Africa.
- Hoekstra, A. Y., Hung, P. Q. (2002): Virtual Water Trade: a Quantification of Virtual Water Flows between Nations in Relation to International Crop Trade. Value of Water Research Report Series No. 11. Delft, The Netherlands: IHE. 66 str.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K. (2007): „Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern“, Water Resources Management, vol 21, issue 1: 35-48.

- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K. (2008): *Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources*. Blackwell Publishing, Malden, Oxford, Victoria. 220 str.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M. (2009): *Water Footprint Manual: State of the Art 2009*, Water Footprint Network. 127 str.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Aldaya, M. M., Mekonnen, M. M. (2011): *The Water Footprint Assessment Manual*. Earthscan, London, Washington DC. 203 str.
- Hoekstra, A. Y., Mekonnen, M. M., Chapagain, A. K., Mathews, R. E., Richter, B. D. (2012): *Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints versus Blue Water Availability*. PLoS ONE 7(2): e32688. str. 1-9.
- Hoekstra, A., Y., ed. (2003): *Virtual water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade*. UNESCO-IHE Value of Water Research Report Series No. 12, Delft, The Netherlands.
- Hutchinson, G., E. (1957): *A treatise on limnology. I. Geography physics and chemistry*. New York, Wiley – Intersc. 1015 str. In: Lellák, J., Kubiček, F. (1991): *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Karolinum, Praha 1992. 1.vyd. 260 str.
- Chapagain, A. K, Hoekstra, A. Y. (2003): *Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products*, Value of Water Research Report Series No. 13, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands. 60 str.
- Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y. (2004): *Water Footprints of Nations*. Value of Water Research Report Series No. 16, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands. 76 str.
- Korzoun, V., I., ed. (1974): *World Water Balance and Water Resources of the Earth*. Leningrad: Hydrometeoizdat. 638 str. (Ru) In: Shiklomanov, I., A. (2000): *Appraisal and Assessment of World Water Resources*, Water International, 25:1, 11-32.
- Korzoun, V., I., ed. (1978): *world Water Balance and Water Resources of the Earth*. UNESCO. 663 str., (Aj) In: Shiklomanov, I., A. (2000): *Appraisal and Assessment of World Water Resources*, Water International, 25:1, 11-32.
- Kučera, J., Král, P. (2006): *Změny připravované ve výpočtu masné užitkovosti*. Zpravodaj Svazu chovatelů a Plemenné knihy Českého strakatého skotu. 1. 20-21 str. In: Skládanka, J., a kol (2014): *Chov strakatého skotu*. Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno. 1. vyd. 270 str.
- Kvapilík, J., Růžička, Z., Bucek, P., a kol. (2015): *Ročenka-CHOV SKOTU V ČESKÉ REPUBLICE*. Hlavní výsledky a ukazatele za rok 2014. Praha. 95 str.



- Kvítek, T. (2013): Nedávné povodně, současná sucha a retence vody. *Vodní hospodářství*. 63 (12). 423-424 str.
- Lellák, J., Kubíček, F. (1991): *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Karolinum, Praha 1992. 1.vyd. 260 str.
- Louda, F., Stádník, L., Ježková, A. (2003): Chov skotu z pohledu ekonomiky produkce, legislativních opatření a možnosti financování. Česká zemědělská univerzita v Praze. Agronomická fakulta. 6 str.
- Majzlík, I. (2007): Chov zvířat I. Česká zemědělská univerzita. 1. vyd. 1. dotisk. 239 str.
- Mekonnen M., M., Hoekstra, A. Y. (2012): A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*. 15 str.
- Mekonnen, M. M., Hoekstra, A. Y. (2010): The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products. Vol 1: Main Report. Value of Water Research Report Series No. 48, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands. 43 str.
- Merrett, S. (2003): Virtual water and the Kyoto Consensus, *Water International*, 28:4, 540- 542. In: Hastings, E., Pegram, G. (2012): Literature Review for the Applicability of Water Footprints in South Africa. WRC Report No. 2299/P/11. 61 str.
- MZe (2006): Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2006. [cit. 2016-04-12] dostupné z <<http://eagri.cz/>>
- MZe (2012): Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2012. [cit. 2016-04-12] dostupné z <<http://eagri.cz/>>
- MZe (2013): Zpráva o stavu vodního hospodářství České republiky v roce 2013. [cit. 2016-04-12] dostupné z <<http://eagri.cz/>>
- Postel, S. (1992): Water scarcity. *Environ. Sci. Technol.* Vol.26, No.12. 2332-2333 str.
- Postel, S. L. (2000): Entering an era of water scarcity: the challenges ahead. *Ecol Appl.* 10 (4): 941-949 str. In: Mekonnen M., M., Hoekstra, A. Y. (2012): A Global Assessment of the Water Footprint of Farm Animal Products. *Ecosystems*. 15 str.
- Postle, M., George, C., Upson, S., Hess, T., Morris, J. (2012): Assessment of the Efficiency of the Water Footprinting Approach and of the Agricultural Products and Foodstuff Labelling and Certification Schemes, Report for the European Commission, CG Environment. In: Vanham, D., Bidoglio, G. (2013): A review on the indicator water footprint for the EU 28. *Ecological Indicators* 26 (2013), Elsevier. 61-75 str.

- Punčochář, P., Rolečková, E., Fousová, E., eds. (2015): Sucho – vážná hrozba pro Českou republiku. Ministerstvo Zemědělství.
- Ridoutt, B., G., Pfister, S. (2010): A revised approach to water footprinting to make transparent the impacts of consumption and production on global freshwater scarcity. *Global Environmental Change*, 20. 113-120 str.
- Serageldin, I. (1995): Toward sustainable management of water resources. Washington, D.C., World Bank. 1-33 str.
- Shiklomanov, I., A. (2000): Appraisal and Assessment of World Water Resources, *Water International*, 25:1, 11-32.
- Skládanka, J., a kol (2014): Chov strakatého skotu. Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno. 1. vyd. 270 str.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., de Haan, C. (2006): Livestock's long shadow: environmental issues and options, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy. 390 str.
- Thaler, S., Zessner, M., Bertran De Lis, F., Kreuzinger, N., Fehring, R. (2012): Considerations on methodological challenges for water footprint calculations. *Water Science & Technology*. 65.7: 1258-1264.
- UNDP (2006): Beyond Scarcity: Power, Poverty, and the Global Water Crisis. UNDP Human Development Report 2006, New York, USA.
- UNDP (2006): Human development report 2006. Beyond scarcity: Power, poverty and global water crisis. UNDP. In: Hák, T. (2008): Voda jako ohrožená ekosystémová služba: kvantitativní přístupy hodnocení. Univerzita Karlova v Praze, Centrum pro otázky životního prostředí. 17 str.
- UNEP (2012): Measuring Water Use in a Green Economy. A Report of the Working Group on Water Efficiency to the International Resource Panel, McGlade, J., Werner, B., Young, M., Matlock, M., Jefferies, S., Sonneman, G., Aldaya, M., Pfister, S., Berger, M., Farrell, C., Hyde, K., Wackernagel, M., Hoekstra, A., Mathews, R., Liu, J., Ercin, E., Weber, J., L., Alfieri, A., Martinez-Lagunes, R., Edens, B., Lchulte, P., von Wirén-Lehr, S., Gee, D. In: Vanham, D., Bidoglio, G. (2013): A review on the indicator water footprint for the EU 28. *Ecological Indicators* 26 (2013), Elsevier. 61-75 str.
- Vallentyne, J., R., (1972): Freshwater supplies and pollution. Effects of the demographic explosion on water and man. In: Polunin, N., ed.: *The Environmental Future*, Macmillan Press. 181-211 str.

- Vanham, D., Bidoglio, G. (2013): A review on the indicator water footprint for the EU 28. *Ecological Indicators* 26 (2013), Elsevier. 61-75 str.
- Wenhold F., A., M., Faber, M., van Averbek, W., Oelofse, A., van Jaarsveld, P., Jansen van Rensburg, W., S., van Heerden, I., Slabbert, R. (2007): Linking smallholder agriculture and water to household food security and nutrition. *Water SA*. Vol. 33, No.3 (Special Edition). 327-336 str.
- Wetzel, R., G. (1983): *Limnology*. 2nd ed. Saunders comp., 767 str. In: Lellák, J., Kubiček, F. (1991): *Hydrobiologie*. Univerzita Karlova, Karolinum, Praha 1992. 1.vyd. 260 str.
- WFN (2010): *Waterfootprint.org: Water footprint and Virtual Water (online)*: <http://www.waterfootprint.org/?page=files/home> (nahráno 16. 4. 2010) In: Thaler, S., Zessner, M., Bertran De Lis, F., Kreuzinger, N., Fehring, R. (2012): Considerations on methodological challenges for water footprint calculations. *Water Science & Technology*. 65.7: 1258-1264.
- WWAP (World Water Assessment Programme), (2009): *The United Nations World Water Development Report 3: Water in Changing World*. UNESCO. Paris, France, Earthscan, London, UK. In: Hoekstra, A. Y., Mekonnen, M. M., Chapagain, A. K., Mathews, R. E., Richter, B. D. (2012): Global Monthly Water Scarcity: Blue Water Footprints versus Blue Water Availability. *PLoS ONE* 7(2): e32688. str. 1-9.