

**SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA**

**STAVEBNÁ FAKULTA**

**Katedra vodného hospodárstva krajiny**

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA**

**V NITRE**

**FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA**

**Optimalizácia závlahového množstva špeciálnych plodín**

Autoreferát dizertačnej práce  
na získanie vedecko-akademickej hodnosti philosophiae doctor  
vo vednom odbore: 41-96-9 Krajinné inžinierstvo

**RNDr. Tomáš Litschmann**

Nitra, 2006

Dizertačná práca bola vypracovaná v externej forme doktorandského štúdia na Katedre vodného hospodárstva krajiny Stavebnej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

Doktorand: RNDr. Tomáš Litschmann

Vedúci dizertačnej práce: doc. Ing. Eva Klementová, CSc  
Katedra Vodného hospodárstva krajiny  
Stavebná fakulta  
Slovenská technická univerzita v Bratislave

Oponenti: prof. Ing. Dušan Húska, PhD.  
Katedra krajinného inžinierstva  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

prof. Ing. Matuš Jakubis, CSc.  
Katedra lesníckych stavieb a meliorácií  
Lesnícka fakulta  
Technická univerzita vo Zvolene

doc. RNDr. Bernard Šiška, PhD.  
Katedra biometeorológie a hydrológie  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Autoreferát bol odoslaný dňa .....

Stanovisko k dizertácii vypracovala Katedra vodného hospodárstva krajiny , stavebná fakulta STU a odborová komisia pre vedný odbor 41-96-9

Obhajoba doktorandskej dizertácie sa koná dňa 28.3.2007 o 9,00 h pred komisiou pre obhajobu dizertačných práce vedného odboru 41-96-9 Krajinné inžinierstvo na Fakulte záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre.

Miesto konania: Katedra krajinného plánovania pozemkových úprav  
Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre  
Hospodárska 7, 949 76 Nitra

Miestnosť: ZP-S1

S dizertačnou prácou sa možno oboznámiť na dekanáte Fakulty záhradníctva a krajinného inžinierstva

Predseda komisie pre obhajoby vo vednom odbore 41-96-9

prof. Ing. Jozef Stred'anský, DrSc.  
Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre



## Abstrakt

Předložená práce na základě literárních pramenů i vlastních výpočtů provedených s konkrétními dostupnými údaji meteorologických prvků poukazuje na čtenější výskyt suchých období v posledních desetiletích, přičemž jedním ze způsobů, jak eliminovat alespoň částečně negativní dopad sucha v oblasti zemědělství, je efektivní využívání závlah. Ukazuje se, že současně s nárůstem suchých období stoupá i množství potřebné závlahové vody pro hlouběji kořenící kultury. Hlavním cílem práce bylo stanovit pro území Slovenska potřeby závlahového množství pro vybrané vytrvalé plodiny s použitím vhodného bilančního modelu, za nějž byl vybrán model AFSIRS, využívající údaje o referenční evapotranspiraci a koeficientu plodiny ke stanovení vláhové potřeby zkoumaného porostu. Takto byla stanovena potřebná závlahová množství pro ovocné druhy jabloně a broskvoně, vinnou révu a intenzivní travní porosty. K prostorové interpretaci bylo použito závislosti mezi potřebným množstvím závlahové vody a průměrným úhrnem srážek za vegetační období, tyto závislosti se ukázaly poměrně těsnými a umožňují s dostatečnou přesností stanovit potřebné množství závlahové vody pro libovolnou lokalitu, pro níž jsou k dispozici dlouhodobé normály srážek.

Za období 1976 – 2000 se zvýšila potřeba závlahové vody oproti předcházejícímu pětadvacetiletí 1951 - 1975 v případě vinné révy o 18 % (hlinitá půda) až 25 % (písečná půda), v suchém roce toto zvýšení představuje 11 %, případně 17 %. U broskvoní toto zvýšení je o něco nižší, 12 % v průměrném roce a 6 (9) % v suchém. Na rozdíl od vinné révy a broskvoní se v případě travního porostu nepodařilo dokázat, že by docházelo ke statisticky významným změnám v potřebě závlahové vody v období 1951 – 1975 a 1976 – 2000.

Uvedené tři případové studie používání závlahy jsou založeny na autorových vlastních měřeních anebo vycházejí z výsledků výzkumných úloh, na nichž se autor podílel. Pokusné práce byly prováděny z technických důvodů v ČR, je však zcela evidentní, že k obdobným závěrům by se došlo i za situace, kdy by byly prováděny v SR. Jejich cílem a důvodem zařazení do této práce je dokumentovat přínosnost závlahy a současně upozornit na některá úskalí při používání kapkové závlahy v našich podmínkách. Při vyhodnocení pokusů prováděných na ovocných dřevinách se jednoznačně prokázal vliv závlahy na zvýšení výnosů a kvalitu plodů, při detailnějším aplikování závlahy v hrušních pak byla stanovena poměrně těsná lineární závislost mezi množstvím dodané závlahové vody a výnosem a velikostí plodů.

## Abstract

Submitted work advert to more numerous occurrence of dry seasons in last decade on the basis of literature and calculations with own concrete available datas of meteorological items. The efficient exploitation of irrigation is one way how to partly eliminate the negative drop of dryness in agriculture. The quantity of needed irrigation water simultaneously raises with the increase of dry seasons for deeply rooted plants. It is necessary to pay attention to serviceability of existing irrigation system and to building-up of new systems, which could eliminate the fluctuations in production caused by scarcity of natural rainfall in course of vegetation season.

The main objective of the work is to determine the wants of irrigation quantity for selected perenial crops with application of acceptable balance model, for which was chosen the model AFSIRS. This model use the data about referential evapotranspiration and crop coefficient to assesment water requirement of surveyed vegetation. In this way was determined needed irrigation quantities for fruit sort of apple tree and peach tree, grapevine and intensive grass vegetation. For spatial interpretation was used relationship between needed quantity of irrigation water and average rainfall totals in vegetation period. This dependencies are relatively close and they faciliate to determine needed quantity of irrigation water for any locality with sufficient accuracy.

In the years 1976-2000 the demand for irrigation water increased compared to previous twenty five years 1951-1975: in the case of grapevine from 18 % (loam soil) to 25 % (sandy soil), in the dry years this increase presents 11 %, eventually 17 %. By peach trees this increase is little lower : 12% in average year and 6 (9)% in dry year.

Mentioned three case studies about application of irrigation are based on author's own observation or they come from results of explorational works, in which author participated. Experimental works was engaged for technical reasons in the Czech Republic but it is evident that we would take the same view if we measure it in Slovakia. The main objective of this measurement is to document the contribution of irrigation and simultaneously to draw the attention to the hazard with using kapkove zavlahy in our conditions. By the evaluations of fruit species's test the influence of irrigation proved unambiguously on increase of yields and quality of fruits. By the moer detailed application of irrigation in pear trees tighter linear dependence was determined between quantity of supplied irrigation water and yield and size of fruits.

# Obsah

	str.
<b>1. Úvod</b>	2
<b>2. Cíl práce</b>	3
<b>3. Výsledková část</b>	5
3.1 Stanovení potřeby závlahové vody vybraných plodin	5
3.1.1 Materiál a metodika	5
3.1.1.1 Popis modelu AFSIRS	5
3.1.1.2 Vstupní databáze meteorologických údajů	8
3.3 Výsledky a diskuse	10
3.3.1 Výpočet velikosti doplňkové závlahy programem AFSIRS na území Slovenska pro intenzivní travní porosty	10
3.3.1.2 Stanovení závislosti množství závlahové vody pro intenzivní travní porosty na půdním druhu a některých meteorologických faktorech	12
3.3.1.3 Změny v potřebách závlahového množství v letech 1951 - 1975 a 1976 – 2000	12
3.3.2 Výpočet velikosti doplňkové závlahy programem AFSIRS na území Slovenska pro vinnou révu	13
3.3.3. Výpočet velikosti doplňkové závlahy programem AFSIRS na území Slovenska pro broskvoně	13
3.3.4 Výpočet velikosti doplňkové závlahy programem AFSIRS na území Slovenska pro jabloně	16
3.4 Moderní metody závlahy – případové studie použití mikrozávlah při závlaze některých plodin na území ČR	19
<b>4. Závěr</b>	19
<b>5. Přínosy práce</b>	20
<b>6. Vybraná literatura</b>	21
<b>7. Tematicky relevantní publikace dizertanta</b>	23

# 1. Úvod

Nelze pochybovat o tom, že začlenění závlah včetně jejich **správného řízení** do agrotechniky jednotlivých plodin přispívá jak k zvyšování jejich výnosů a kvalitativních ukazatelů, tak i k jejich stabilizaci. V současné době se nacházíme v období poměrně rychlých změn klimatu, které se dotýkají socioekonomické oblasti a v důsledku toho i přírodního prostředí, a to v celoplanetárním měřítku. Obě tyto složky jsou propojeny navzájem celou řadou pozitivních i negativních vazeb, poměrně dosti komplikovaných a doposud ne zcela prozkoumaných, což vede k tomu, že můžeme jen s určitou mírou určitosti předpovídat další celkový vývoj. Doposud zpracované seriózní studie upozorňují na to, že bude docházet k zvyšování evaporačních nároků atmosféry za současné změny v množství a časovém rozložení srážkových úhrnů. To povede (a některé indicie nasvědčují, že se tak již kratší či delší dobu děje) ke zvyšování závažnosti a četnosti suchých období, během nichž v bezzávlahových podmínkách dochází ke snižování jak výnosů, tak i kvality pěstovaných plodin.

Rozvoj závlah na Slovensku má v porovnání s jinými zeměmi poněkud krátkodobější tradici (Rehák, Novotný a kol 1996). První zmínky o závlahách pocházejí z konce 19. století, kdy byly využívány některými cukrovary a pěstiteli zeleniny. Větší pozornost byla věnována melioračním opatřením po roce 1918, přičemž do roku 1948 se meliorace provedly na téměř 70-ti tisících ha půdy, realizovalo se zejména odvodnění.

V období socializace našeho zemědělství byla závlahám věnována poměrně značná pozornost s cílem dosáhnout co největší soběstačnosti ve výrobě potravin. Svědčí o tom jak poměrně značný nárůst výměry zavlažovaných ploch v šedesátých a sedmdesátých letech, tak i m.j. založení Výskumného ústavu závlahového hospodářstva (VUZH) v Bratislavě v roce 1959. V poměrně silně dotovaném socialistickém zemědělství se jednalo především o výši výnosů, méně již o ekonomickou rentabilitu. Naproti tomu s nástupem tržního hospodářství se začal klást z pochopitelných důvodů důraz na ekonomickou návratnost i při nižších výnosech, takže se těžiště závlah přesunulo především na speciální plodiny, u nichž se ekonomický efekt závlahy projevuje nejvýrazněji a kterým byla v minulosti věnována menší pozornost. Výměra

zavlažovaných ploch se výrazně zmenšila, přičemž došlo k devastaci některých závlahových staveb. Pozitivním jevem je, že se začaly budovat menší lokalizované závlahy na menších výměrách s vlastními zdroji vody. Současně k nám pronikly i nové progresivní závlahové technologie, s jejichž provozováním a řízením v našich klimatických podmínkách je doposud poměrně málo zkušeností.

Zpracovaná disertační práce je velmi skromným příspěvkem ke stanovení potřeby závlahové vody novými metodami v podmínkách měnícího se klimatu vybraných ovocných druhů a travních porostů na území Slovenska. Její výsledky mohou sloužit jak při exploataci stávajících závlahových zařízení, tak i při návrhu a posouzení oprávněnosti nových.

S ohledem na převážně praktické zaměření autora je práce doplněna několika případovými studii, které mají na konkrétních případech demonstrovat přínosy, popřípadě chování některých vybraných druhů závlah v praxi. Tyto případové studie jsou založeny převážně na vlastních měřeních popřípadě jsou využita i některá měření spoluautorů podílejících se na jednotlivých výzkumných projektech (závlaha hrušní v Dolanech). Zpracování výsledků je však vždy vlastní.

## 2. Cíl práce

Cílem předkládané disertační práce je:

- upozornit na závažnost problematiky sucha v podmínkách Slovenska a současně s tím i na poměrně komplikovaný postup při jeho hodnocení, možného vlivu klimatické změny
- vypracovat podklady o velikosti potřebného závlahového množství, které budou užitečné jak při rozhodování o potřebě výstavby nových závlahových zařízení, tak i při jejich návrhu a případně dalším využívání. Pro toto zpracování byly vybrány čtyři plodiny, a to: jabloně, broskvoně, vinná réva a intenzivní trávníky. Důvody pro takto koncipovaný výběr byly následující:
  - jabloně – jedná se o ovocný druh s největší výměrou pěstování na Slovensku, zároveň u něj dochází k rychlému nárůstu ve výměře zavlažovaných ploch, především kapkovou závlahou. Jak ukazují na konkrétním příkladu Sabolčák, Jansta, Litschmann (2000), návratnost investic do závlahy jabloní je poměrně rychlá a přispívá ke zvýšení výnosů přibližně o 28 % za současného zvýšení zastoupení vyšších jakostních tříd.
  - broskvoně – jsou v našich krajinách nepůvodním druhem, jejich pravlastí jsou monzunnové oblasti Číny a proto i jejich zvyklosti pokud jde o obsah vody v půdě jsou poněkud odlišné od domácích druhů. Podrobnější vyhodnocení změn v potřebách závlahového



množství v období 1951 – 2000 včetně změn ve výnosech provedli Litschmann, Oukropec a Pražák (2003). Odezva broskvoní na dodané závlahové množství je velmi pozitivní a prakticky nemá v současné době smysl uvažovat o jejich intenzivní výsadbě bez současné instalace závlahy, která již během prvních měsíců po výsadbě přispívá k zvýšení procenta ujmутých stromků.

- vinná réva – plodina, o níž se traduje, že je suchovzdorná, přesto, jak bylo mnoha pracemi dokázáno (viz níže), udržování optimálního vláhového režimu v její kořenové zóně se projeví jak ve zvýšení výnosů, tak i v případném zvýšení kvality produkovaných hroznů. V současné době mírně vzrůstá velikost ploch zavlažovaných vinohradů, především tam, kde jsou méně příznivé půdní podmínky, mezi něž patří především lehké půdy a půdy na terasách, kde došlo k výraznému narušení a přerovnání přirozených půdních horizontů.
- intenzivní travní porosty – na rozdíl od minulosti, kdy byla věnována pozornost především závlaze trvalých travních porostů, tj. takových, které poskytují píci pro dobytek, v současné době vzrůstá zájem o závlahu intenzivních travních porostů, které slouží jako okrasné, rekreační anebo sportovní plochy. Hodnoty vypočítaných závlahových množství mohou být užitečnou pomůckou především v těch případech, kdy jsou k dispozici omezené zdroje vody, k posouzení jejich dostatečnosti, popřípadě doplněním o další kapacity.
- na konkrétních příkladech demonstrovat chování vybraných druhů závlahy a popřípadě jejich přínos na kvalitu a výnos pěstovaných plodin

Téma této práce je vysoce aktuální, poněvadž se v posledním desetiletí začínají zavlažovat plodiny, které stály v minulosti na okraji zájmu závlahářů a právě údaje o potřebném závlahovém množství mohou sloužit jako jeden z podkladů pro optimální návrh závlahového zařízení, popřípadě celé soustavy. Rovněž zavádění technologie kapkové závlahy (často i se státní podporou) vyvolává celou řadu otázek spojených s jejím řízením, využíváním a celkovým přínosem. Je nutno mít na paměti, že technologie kapkové závlahy vznikla původně v aridnějších oblastech a její implementací do našich podmínek je nutno věnovat náležitou pozornost.

## **3. Výsledková část**

### **3.1 Stanovení potřeby závlahové vody vybraných plodin**

#### *3.1.1 Materiál a metodika*

##### 3.1.1.1 Popis modelu AFSIRS

Model AFSIRS byl vyvinut a popsán Smajsterlou (1990) a je určen k stanovení potřebného množství závlahové vody v oblasti Floridy v USA. Po mírných úpravách jsme se jej rozhodli použít i ke stanovení závlahových množství pro vybrané speciální plodiny na Slovensku.

Model AFSIRS je založen na bilancování zásob vody v kořenové zóně příslušné plodiny a předpokladu, že vláhová potřeba této plodiny se stanoví vynásobením potenciální (referenční) evapotranspirace příslušným koeficientem plodiny  $K_c$ . Použitá rovnice vodní bilance zahrnuje přírůstkové položky ve formě srážek a závlahy a ztrátové položky, mezi něž patří průsak mimo kořenovou zónu a spotřeba vody porostem.

Dodání závlahové dávky je plánováno na základě poklesu zásob vláhy v půdě pod bod snížené dostupnosti, stanovený pro jednotlivé plodiny a jejich vegetační vývoj. Množství dodané vody lze v programu předdefinovat tak, že buď doplní zásoby vody v půdě na polní vodní kapacitu, popřípadě se dodá definované množství závlahové vody anebo se stanoví množství závlahové vody tak, že se dosáhne pouze určitého stupně nasycení půdy, vyjádřeného v % polní vodní kapacity.

Model AFSIRS není určen k operativnímu řízení závlahy, je určen ke zpracování dlouhodobých časových řad denních hodnot meteorologických prvků, v původní verzi od 18 do 25, pro naše účely jsme upravili program ke zpracování 30-ti letých řad, což je délka období doporučená WMO. Tyto údaje slouží k simulaci závlahových dávek pro jednotlivé dny závlahového období v jednotlivých letech a jejich následného statistického vyhodnocení včetně stanovení křivek překročení pomocí Weibullova rozdělení, a to jak pro celou závlahovou sezónu, tak i pro jednotlivé měsíce tohoto období. Standardně jsou uváděny hodnoty závlahového množství pro 50, 80, 90 a 95-ti procentní zajištění. Z dalších statistických charakteristik jsou počítány pro závlahové množství průměr a medián, koeficient

variance, maximální a minimální hodnota. Průměrné hodnoty jsou pak stanoveny pro úhrny srážek, potenciální a aktuální evapotranspiraci a průsak.

Model AFSIRS je dvouvrstevný, bilancuje samostatně zásobu vláhy ve dvou vrstvách, označovaných autorem jako zavlažovaná a nezavlažovaná. To vychází z předpokladu, že většinou se neprovlažuje celá kořenová zóna až do maximální hloubky prokořenění, avšak pouze její svrchní vrstva, v níž se nachází nejvíce aktivních kořenů. Předpokládá se, že ve svrchní zavlažované vrstvě se vyskytuje 70 % aktivních kořenů, v nezavlažované 30 %, přičemž obě tyto vrstvy mají stejnou tloušťku. Tloušťka jednotlivých vrstev se však dá v rámci datového souboru pro jednotlivé plodiny podle potřeby měnit. U zpracovávaných vytrvalých kultur se předpokládá, že hloubka prokořenění, a tím i tloušťka jednotlivých vrstev, je v průběhu roku konstantní.

V průběhu období beze srážek zásoba vláhy v nezavlažované vrstvě klesá a předpokládá se, že stále větší množství vláhy rostlina odebírá ze zavlažované vrstvy, v extrémním případě až 100 %. Program AFSIRS tento podíl stanovuje jako funkci množství využitelné vody v nezavlažované vrstvě.

V případě, že je použit způsob závlahy, který nepokrývá celou plochu (mezi něž patří například kapková závlaha anebo závlaha mikropostřikem), je nastavena větší velikost nezavlažované vrstvy než 50 % (viz. obr. 8 – podle Smajsterly (1990)). Ve zpracovávané práci je vždy předpokládáno, že závlaha bude provedena rovnoměrně po celé ploše, neboť v ní nejde o stanovení potřebného závlahového množství pro konkrétní typ závlahy, nýbrž pro plodinu, lokalitu a půdní podmínky.

- Srážky v programu AFSIRS

Denní úhrny srážek slouží k doplňování zásob vláhy v půdě. Při nízkých úhrnech se nepředpokládá, že by docházelo k jejich povrchovému odtoku, při vyšších úhrnech je povrchový odtok zahrnut do infiltrace mimo kořenovou zónu. Efektivní srážky jsou vyjádřeny jako množství vody, které vsákne do půdy a je k dispozici rostlinám ke krytí jejich vláhové potřeby. Stanovují se jako rozdíl mezi úhrnem srážek a průsakem vody mimo kořenovou zónu.

Nejprve srážky doplňují zavlažovaný horizont, teprve po jeho nasycení na polní vodní kapacitu dochází k doplňování nezavlažovaného horizontu. V případě, že se počítá s mikrozávlahami, které nepokrývají celý povrch půdy, předpokládá se, že srážky doplňují současně se zavlažovaným horizontem i částečně nezavlažovaný horizont, úměrně tomu, jak velká část povrchu není zavlažována.

Předpokládá se, že srážky dopadají na horizontální povrch a tudíž všechny zasakují do půdy.

- Průsak

V programu AFSIRS je průsak definován jako část srážek, která převyšuje množství vody potřebné na nasycení na polní vodní kapacitu v obou vrstvách, popřípadě množství vody spotřebované rostlinami. Pokud jsou srážky nižší, považují se všechny za efektivní a průsak je nulový.

- Koeficienty plodiny  $K_c$

V databázi programu AFSIRS jsou uloženy hodnoty koeficientů  $K_c$  pro jednotlivé plodiny a jednotlivé měsíce v roce, přičemž se vztahují vždy ke středu příslušného měsíce. Denní hodnota  $K_c$  je vypočítána lineární interpolací měsíčních hodnot. V případě, že se vyskytnou v daném dni srážkové úhrny, které způsobí zvlhčení povrchu půdy a rostlin, zvýší se hodnota  $K_c$  na 1, pokud nebyla již předtím vyšší.

- Půdní poměry

Program AFSIRS kromě údajů o plodině a hodnot meteorologických prvků a veličin vyžaduje též informaci o vlastnostech půdy. Kromě hloubky půdy (tento údaj je použit pouze v případě, kdy hloubka půdního profilu je menší než je maximální hloubka prokořenění) je vyžadován údaj o využitelné vodní kapacitě. Pro každou lokalitu lze nadefinovat až šest různě silných horizontů a pro každý z nich jinou využitelnou vodní kapacitu. V našem zpracování jsme předpokládali, že půdní profil je homogenní v obou vrstvách.

- Meteorologické údaje

Program AFSIRS vyžaduje rozsáhlé datové soubory denních hodnot meteorologických údajů, mezi něž patří srážky a potenciální evapotranspirace. Program sám hodnoty potenciální evapotranspirace nepočítá, uživatel si je musí předem připravit a vložit do příslušného datového souboru. V našem případě jsme výpočet potenciální evapotranspirace provedli v EXCELU rovnicí Penman-Monteitha, kdy jako vstupní údaje byly použity teplota a vlhkost vzduchu, rychlost větru a doba trvání slunečního svitu. Z údajů charakterizujících polohu stanice byla použita nadmořská výška a zeměpisná šířka.

- Evapotranspirace

Evapotranspirace je proces, zahrnující v sobě jak složku evaporace, tj. výparu z půdy, tak i transpiraci rostlin. Program AFSIRS je založen na předpokladu, že vláhová potřeba rostlin je úměrná schopnosti atmosféry odnímat rostlinám vodu, přičemž tuto schopnost lze vyjádřit potenciální evapotranspirací vypočítanou podle rovnice Penmana, v námi použité

variantě pak Penmana-Monteitha v úpravě FAO. Jacobs a Satti (2001) provedli podrobnější srovnání výpočtu potenciální evapotranspirace 14-ti metodami a rovněž dospěli k závěru, že rovnice Penmana-Monteitha v úpravě FAO poskytuje nejpřesnější výsledky. Denní hodnoty evapotranspirace jsou pak stanoveny jako součin potenciální evapotranspirace a koeficientu  $K_c$  platného pro danou plodinu a její vývojové stádium.

### 3.1.1.2 Vstupní databáze meteorologických údajů

Databáze denních hodnot meteorologických prvků potřebných pro výpočet referenční evapotranspirace podle rovnice Penmana – Monteitha, mezi něž patří teplota a vlhkost vzduchu, doba trvání slunečního svitu a rychlost větru, stejně jako i denní úhrny srážek, vstupující do rovnice vláhové bilance, byla vytvořena z údajů poskytnutých pro studijní účely Slovenským hydrometeorologickým ústavem v Bratislavě. Pro potřeby této práce bylo zpracováno období 1971 – 2000, v němž, jak ukazuje např. práce Litschmann, Klementová, Rožnovský (2002), došlo k výraznému nárůstu suchých period. Toto období zahrnuje též i rok 2000 s mimořádným výskytem sucha. Při použití normálového období podle WMO 1961 – 1990 by zachycení podmínek probíhající klimatické změny nebylo zcela vyčerpávající. Tato databáze meteorologických prvků je s pochopením SHMÚ i nadále rozšiřována a byla použita i k hodnocení suchého období v roce 2003 na Slovensku (viz např. Litschmann, Klementová, (2004)).

Z dodaných meteorologických údajů byly v programu EXCEL vypočítány pro každý den hodnoty referenční evapotranspirace podle Penmana-Monteitha a spolu s úhrny srážek vyexportovány do ASCII souboru, vhodného pro další zpracování programem AFSIRS. Soubor pro jednu stanicí tak obsahoval 21916 hodnot.

Seznam použitých stanic je v tab. 1. Celkem bylo zpracováno 19 stanic, které měly pokud možno co nejkompletnější řady měření, zejména pokud jde o rychlost větru a dobu trvání slunečního svitu. V případě výpadku měření některého z těchto prvků, nejčastěji se jednalo o dobu trvání slunečního svitu, byly použity údaje z nejbližší stanice.

Naměřené údaje o rychlosti větru (předpokládalo se, že snímač rychlosti větru se nachází ve výšce 10 m), byly přepočítány na výšku 2 m vynásobením konstantou 0,748.

Tab. 1 Seznam použitých klimatologických stanic

Název stanice	zkratka	nadm. výška [m n.m.]	zem. šířka [° s.š.]	zem. délka [° v.d.]	úhrn srážek IV-IX [mm]	ETP IV-IX [mm]	úhrn srážek IV- IX 1961- 1990 [mm]
Bratislava, let.	Br	131	48 ° 10'	17 ° 12'	305	622	312
Čaklov	Ca	133	48 ° 54'	21 ° 38'	429	513	
Hurbanovo	Hu	115	47 ° 52'	18 ° 12'	307	622	304
Jasl. Bohunice	JB	176	48 ° 29'	17 ° 40'	318	620	
Košice	Ko	230	48 ° 40'	21 ° 13'	411	599	409
Kuchyňa	Ku	206	48 ° 24'	17 ° 09'	378	577	387
Michalovce	Mi	112	48 ° 45'	21 ° 57'	386	538	
Milhostov	Ml	104	48 ° 40'Ě'	21 ° 44'	361	556	
Or. Lesná	OL	780	49 ° 22'	19 ° 11'	622	411	635
Piešťany	Pi	165	48 ° 37'	17 ° 50'	348	602	346
Poprad	Po	695	49 ° 04'	20 ° 15'	399	500	392
Rim. Sobota	RS	214	48 ° 22'	20 ° 01'	363	544	362
Rožňava	Ro	289	48 ° 39'	20 ° 32'	434	521	431
Sliač	Sl	313	48 ° 39'	19 ° 08'	386	528	397
Somotor	So	100	48 ° 24'	21 ° 49'	353	554	348
Štós	St	650	48 ° 43'	20 ° 48'	508	523	
Telgart	Te	901	48 ° 51'	20 ° 11'	551	457	540
Víglaš	Vi	368	48 ° 33'	19 ° 19'	371	505	372

Žihárec	Zi	111	48° 04'	17° 52'	320	582	
---------	----	-----	---------	---------	-----	-----	--

### 3.3 Výsledky a diskuse

#### 3.3.1 Výpočet velikosti doplňkové závlahy programem AFSIRS na území Slovenska pro intenzivní travní porosty

Pro každou lokalitu byly vypočítány čtyři varianty spotřeby závlahové vody, a to pro dva druhy půd s hodnotami využitelné vodní kapacity (VVK) 10 a 20 % obj. – písčité a hlinitá půda a pro dvě hloubky prokořenění, 5 a 15 cm. Předpokládalo se, že z těchto vrstev odebírá travní porost 70 % veškeré vody, z níže ležící vrstvy, stejně silné, zbývajících 30 %. Tím bylo získáno poměrně široké spektrum hodnot, umožňující interpolovat výsledky pro téměř libovolný případ.

Závlahová sezóna byla stanovena každoročně od 1.4. do 30.9., závlahová dávka se aplikovala vždy, jakmile zásoba vláhy v zavlažované vrstvě klesla k bodu snížené dostupnosti, stanoveném v souladu se Zavadilem (2000) jako 60 % VVK pro daný druh půdy v průběhu vegetačního období. Velikost závlahové dávky se stanovila jako množství vody, potřebné k doplnění zásoby vláhy v půdě na polní vodní kapacitu. Z obrázku je zřejmé, že největší dynamika změn obsahu vláhy probíhá v zavlažované vrstvě, zatímco v nezavlažované dochází k postupnému vysušování a pouze v případě vydatných srážek se zásoba vláhy v této vrstvě zvyšuje.

Výsledky základních výpočtů jsou uvedeny přehledně v tab. 2, kde je uvedena jak potřeba závlahové vody v průměrném roce pro zvolené varianty, tak i hodnoty reprezentující 90-ti % zabezpečení, tedy nároky na potřeby závlahové vody s periodou opakování jednou za 10 let.

Je zřejmé, že v nejteplejších a zároveň nejsušších oblastech Slovenska je zapotřebí pro závlahu mělce kořenícího intenzivního trávníku v průměrném roce počítat s množstvím kolem 300 mm závlahové vody, při větší hloubce prokořenění se díky lepšímu využití přirozených srážek toto množství snižuje přibližně o 50 mm. V suchých letech (s periodou opakování jednou za deset let) se toto množství zvyšuje na hodnoty kolem 350 – 380 mm pro mělce kořenící trávníky, při větší hloubce prokořenění se toto množství snižuje pouze o 30 mm, což nasvědčuje tomu, že když nejsou srážky, nepomůže ani hlubší kořenový systém. Se vzrůstajícím množstvím srážek a klesající evapotranspirací se potřeba závlahového množství snižuje, nejnižší je ve stanici Oravská Lesná, kde již pravděpodobně není zapotřebí intenzivní trávníky zavlažovat.



Tab. 2 Spotřeba závlahové vody intenzivními travními porosty pro různé druhy půdy a hloubky prokořenění

stanice	průměrná spotřeba závlahové vody [mm]				90 % zabezp. spotřeby závlahové vody [mm]			
	hlinitá půda		písčité půda		hlinitá půda		písčité půda	
	hloubka prokořenění		hloubka prokořenění		hloubka prokořenění		hloubka prokořenění	
	5 cm	15 cm	5 cm	15 cm	5 cm	15 cm	5 cm	15 cm
Bratislava	284	234	310	269	353	323	371	343
Čaklov	168	99	198	145	218	165	244	203
Hurbanovo	290	239	315	274	358	320	378	351
Jasl. Bohunice	287	236	310	272	356	323	373	348
Košice	208	155	251	201	302	251	323	287
Kuchyňa	231	168	264	213	295	241	320	297
Michalovce	203	135	229	175	282	239	305	262
Milhostov	218	157	246	193	277	241	305	262
Or. Lesná	79	28	79	61	119	53	119	99
Piešťany	264	208	290	249	330	310	348	320
Poprad	163	102	191	142	224	165	246	206
Rim. Sobota	218	157	241	196	302	287	318	287
Rožňava	173	109	203	150	241	224	262	224
Sliač	198	137	224	178	262	231	282	246
Somotor	218	160	244	198	292	264	307	282
Štós	163	94	191	137	234	170	262	216
Telgart	117	53	142	94	165	109	196	145
Víglaš	185	130	211	163	244	193	267	226
Žihárec	262	206	284	249	323	279	343	312

### 3.3.1.2 Stanovení závislosti množství závlahové vody pro intenzivní travní porosty na půdním druhu a některých meteorologických faktorech

Zpracovaný soubor 19-ti stanic je dostatečně rozsáhlý a pokrývá veškerá výšková pásma, v nichž je reálné provozovat závlahu intenzivních travních porostů. Přesto není pokryto zcela celé území Slovenska a proto jsme se pokusili odvodit vztahy se širší platností, založené na vazbě potřebného závlahového množství a některých dalších meteorologických veličinách, především potenciální evapotranspiraci a srážkách.

Hustota sítě srážkoměrných stanic na území Slovenska je podstatně větší než klimatologických s dostatečně dlouhou řadou měření prvků potřebných pro výpočet potenciální evapotranspirace, proto jsme vyzkoušeli možnost stanovit závislost mezi potřebou závlahové vody a úhrnem srážek za vegetační období. Tato závislost je již poměrně těsná, největší odchylka se vyskytuje u stanic Poprad a Víглаš, což může být způsobeno jejich kotlinovou polohou, ovlivňující hodnoty některých meteorologických prvků.

Při takto sestrojených závislostech zde však vzniká jeden praktický problém – většinou nejsou k dispozici údaje o srážkách za období 1971 – 2000. Rozdíly v množství srážek ve vegetačním období v letech 1971 – 2000 a 1961 – 1990 dosahují řádově velikosti několika milimetrů. Lze proto v praxi použít bez většího zkreslení při stanovení potřebného množství závlahové vody úhrnů srážek za normálové období 1961 – 1990, které jsou častěji k dispozici.

### 3.3.1.3 Změny v potřebách závlahového množství v letech 1951 - 1975 a 1976 – 2000

Pokusili jsme se zjistit změnu v potřebě závlahového množství pro intenzivní travní porosty v průběhu druhé poloviny XX. století. Pro tento účel jsme rozdělili data z Hurbanova za období 1951 – 2000 na dvě poloviny a zpracovali pomocí programu AFSIRS pro každou tuto polovinu křivky překročení závlahového množství. V tomto případě nedošlo k výraznější změně v potřebách závlahové vody u písčité a hlinité půdy, u hlinité dokonce v oblasti vyšších hodnot pravděpodobnosti překročení byla potřeba závlahové vody o něco vyšší ve třetí než v poslední čtvrtině minulého století. Souvisí to pravděpodobně s poměrně mělkým kořenovým systémem intenzivních travních porostů, který nedovoluje akumulovat významnější množství vody

### *3.3.2 Výpočet velikosti doplňkové závlahy programem AFSIRS na území Slovenska pro vinnou révu*

Vinná réva na Slovensku se v současnosti pěstuje intenzivně v jižní části území, které je rozděleno do šesti vinohradnických oblastí. Tyto oblasti jsou znázorněny na obr. 3. Je zřejmé, že nemá smysl zpracovávat vláhovou potřebu pro celé území Slovenska, proto jsme z celého souboru 19-ti stanic vybrali pouze ty, které se nacházejí v těchto oblastech anebo v jejich těsné blízkosti. Poměrně zvláštním případem je stanice Malacky, která se nachází mezi dvěma částmi Malokarpatské oblasti. Přestože na základě jejich makroklimatických charakteristik by se dalo usuzovat na vhodné podmínky pro pěstování vinné révy v jejím okolí, topoklimatické a mikroklimatické charakteristiky možných poloh pro výsadbu viničních tratí jsou poměrně nevhodné, zejména pak z hlediska častějšího výskytu nízkých teplot v jarním období. Přesto byla tato stanice do výpočtů zařazena, poněvadž z hlediska makroklimatického reprezentuje širší okolí této části Malokarpatské oblasti.

V případě vinné révy jsme zvolili hloubku zavlažovaného profilu 75 cm, celkovou hloubku prokořenění 150 cm. Simulace probíhala opět pro dva druhy půdy, hlinitou s VVK 20 obj. % a písčitou s VVK 10 obj. %. Závlahová dávka byla vypočítána vždy tak, aby doplnila zásobu vláhy v půdě na PVK. Za bod snížené dostupnosti byla v květnu považována hodnota 50 % VVK, v červnu 60 %, v červenci 80 %, v srpnu 70 % a v září 60 % VVK.

Výše popsaným způsobem byla stanovena potřebná závlahová množství pro jednotlivé meteorologické stanice, výsledky jsou seřazeny v tab. 3. Lze pozorovat, že i uvnitř jednotlivých oblastí jsou nároky na závlahu dosti rozdílné, výrazné je to zejména v případě Malokarpatské oblasti, která se rozkládá po obou stranách Malých Karpat. Nejnáročnější na závlahu je Južnoslovenská oblast a přiléhající část Malokarpatské oblasti. Směrem k východu potřebné množství závlahové vody klesá, stejně tak i na Záhorské nížině. Pro písčitou půdu vycházejí průměrné hodnoty potřebného závlahového množství přibližně o 30 mm vyšší než pro hlinitou půdu, u zabezpečení 90 % tento rozdíl stoupá na cca 40 mm.

Citlivost révy vinné na nedostatek vláhy je v jednotlivých fázích vývoje během vegetačního období rozdílná, rozhodující je dostatek vláhy v období od počátku nárůstu bobulí až do počátku jejich zaměkávání. Jedná se ve většině případů o měsíce červenec až polovina srpna.

Tab. 3 Vypočítané hodnoty závlahového množství v mm pro vinnou révu

Stanice	průměr		zabezpečení 90%	
	hlinitá	písčítá	hlinitá	písčítá
Bratislava	81	112	122	160
Jasl. Bohunice	79	109	117	157
Kuchyňa	43	71	64	104
Piešťany	64	94	94	137
Hurbanovo	81	117	119	160
Žihárec	64	97	97	137
Rim. Sobota	38	71	53	109
Michalovce	28	56	38	86
Milhostov	38	64	53	97
Somotor	46	71	64	114

Nejnáročnějším měsícem z hlediska potřeby závlahy je červenec, připadá na něj téměř polovina potřebného závlahového množství. Naproti tomu v květnu se projevuje potřeba závlahy pouze u písčítých půd. Přestože jsme pro období ke konci vegetace použili vyšší hodnoty koeficientu  $K_c$  než doporučují někteří autoři, vyšla v tomto období závlahová množství celkem nepatrná.

Vzhledem k tomu, že i uvnitř jednotlivých oblastí jsou místa s rozdílnými klimatickými podmínkami, především pokud jde o srážky, k čemuž ještě přistupuje i skutečnost, že pro některé oblasti nemáme k dispozici klimatologické stanice s potřebnými hodnotami pro výpočet potenciální evapotranspirace, pokusili jsme se stanovit závislost mezi vypočítaným množstvím závlahové vody a srážkovými úhrny. Srážkoměrných stanic je podstatně více než stanic s kompletními klimatologickými údaji za delší období, takže podle poměrně těsného lineárního vztahu lze s jistou mírou spolehlivosti stanovit potřebné průměrné závlahové množství prakticky pro libovolnou lokalitu nalézající se ve vinohradnických oblastech na Slovensku a pro dva půdní druhy. Z regresních rovnic je zřejmé, že vzroste-li srážkový úhrn o 10 mm, sníží se potřeba závlahového množství o 7 – 8 mm. Použijeme-li např. údaj o množství srážek pro Nitru za měsíce V - IX 277 mm, publikovaný Špánikem a kol. (1997) (období 1961-1990), dojdeme k hodnotám průměrného závlahového množství 73 mm pro hlinitou půdu a 105 mm pro písčitou. Srážkové úhrny se za normálové období 1961-1990 od námi použitého 1971 – 2000 příliš neodlišují, v prvním období vychází např. pro

Hurbanovo pro měsíce V – IX hodnota 265 mm, ve druhém 269 mm. Problematika sucha nespočívá ani tak v celkovém nedostatku srážek, jako v jejich nerovnoměrném rozložení v průběhu vegetačního období.

Obdobně lze sestavit i regresní přímky mezi závlahovým množstvím s 90-ti % zabezpečením a srážkovými úhrny. Křivky regresních přímek jsou oproti předchozímu případu strmější, při vzrůstu srážek o 10 mm poklesne i spotřeba závlahové vody přibližně o stejnou hodnotu anebo u hlinitých půd ještě o něco více.

Pro lokalitu Hurbanovo, pro níž je k dispozici dostatečně dlouhá řada meteorologických pozorování, jsme vypočítali křivky překročení potřebného množství závlahové vody pro dvě období (1951 až 1975 a 1976 až 2000) a dva půdní druhy (hlinitou a písčitou). Křivky překročení vykazují relativní zvýšení velikosti závlahových dávek v poslední čtvrtině XX. století oproti předcházející od 11 do 17 % v suchých letech a od 18 do 25 % v průměrném roce. Tyto dosažené výsledky jsou v souladu s prací Litschmann, Klementová, Rožnovský (2002), v níž byla pomocí indexu PDSI rovněž prokázána zvýšená četnost suchých období v posledních dvou dekadách XX. století.

Vláhová potřeba každé plodiny závisí nejen na jejím druhu, ale též i na odrůdě, případně podnoží a tvaru listové plochy. Jak uvádí Kraus (1976), typické západoevropské odrůdy mají intenzitu transpirace vyšší než odrůdy ze skupiny černomořské, je možno je seřadit do skupin:

- odrůdy s vysokou intenzitou transpirace: Tramín červený, Burgundské bílé, Stavovavřínecké, Sauvignon, Ryzlink rýnský, Müller Thürgau, Muškát Ottonel
- se střední intenzitou transpirace: Neuburské, Irsay Oliver, Ryzlink vlašský, Zweigeltrebe, Cabernet Sauvignon, Burgundské modré, Veltlínské zelené
- s nízkou intenzitou transpirace: Leanka bílá, Sylvánské zelené, Portugalské modré, Frankovka.

S tím je nutno počítat při aplikaci výše uvedených hodnot v závlahářské praxi, stejně jako s tím, že v nich není obsažen ztrátový součinitel příslušného závlahového detailu. Námi nově vypočítané hodnoty jsou v poměrně dobré shodě s již dříve publikovanými údaji, přínos této práce spočívá především v tom, že jsme ověřili použitelnost nových metod pro naše podmínky a stanovili interpolační závislosti na základě zpracování hodnot z deseti lokalit, umožňující stanovení potřeby závlahového množství pro libovolnou lokalitu, nacházející se v některé z vinohradnických oblastí na Slovensku.

### 3.3.3. Výpočet velikosti doplňkové závlahy programem AFSIRS na území Slovenska pro broskvoně

Byla zvolena skupina odrůd pozdních broskvoní, zavlažovaná vrstva měla tloušťku 50 cm, celkový bilancovaný profil dosahoval hloubky 100 cm. Předpokládalo se meziřadí bez vegetačního pokryvu (černý úhor).

Výsledky zpracování za období 1971 – 2000 pro jednotlivé použité stanice a hlinitou půdu jsou v tab. 4. V průměru nejvíce závlahové vody vyžadují nejteplejší oblasti v podunajské nížině na jižním Slovensku, nad 100 mm, směrem k východu pak její potřeba klesá, stejně tak i na Záhorské nížině. V suchých letech s periodicitou jednou za deset let, je nutno v nejsušších oblastech počítat se závlahovým množstvím kolem 200 mm, v ostatních přibližně od 120 do 160 mm.

Tab. 4 Průměrné závlahové množství pro broskvoně, a jeho 90 % zabezpečení pro jednotlivé stanice v mm (hlinitá půda)

	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	celkem	90 %
Bratislava	8	20	51	36	13	127	201
Hurbanovo	10	25	48	41	13	137	221
Jasl. Bohunice	10	18	48	36	13	124	218
Kuchyňa	5	18	28	28	5	84	145
Michalovce	3	10	25	20	3	61	119
Milhostov	3	10	30	20	8	71	135
Piešťany	8	20	41	33	10	112	191
Rim. Sobota	3	15	30	25	10	84	163
Somotor	5	13	33	25	5	81	163
Žihárec	8	20	41	38	5	112	188

Nejvyšší spotřeba závlahové vody, vypočítaná ze všech použitých stanic, a vyjádřena v procentech celkového množství, připadá u pozdních broskvoní na červenec, kdy je nutno dodat více než 50 % celoročního množství vody, o něco méně pak v srpnu. V letech se suchým jarem, kdy se nevyskytnou „medardovské deště“, je nutno počítat s tím, že část vody je nutno dodat již v červnu.

Až na určité výjimky je poměrně těsná závislost mezi potřebným množstvím závlahové vody a průměrnými srážkami za vegetační období, a to jak pro průměrné závlahové množství, tak i pro množství s 90-ti procentní zabezpečeností. K sestrojení závislosti byly použity úhrny srážek za stejné období, pro které byly vypočítány potřeby závlahového množství, tj. 1971 – 2000. Jak bylo již dokázáno v kapitole o závlaze intenzivních travních porostů, tyto úhrny se prakticky nevýznamně liší od úhrnů za normálové období 1961 – 1990, které jsou snáze dostupné.

Obdobně jako v případě vinné révy jsme pro lokalitu Hurbanovo vypočítali křivky překročení potřeby závlahové vody pro dvě čtvrtstoletí a dva druhy půdy.

Z jejich průběhu lze usuzovat, že v posledních 25-ti letech minulého století se zvýšila potřeba závlahového množství u broskvoní v průměrném roce o 12 %, v suchých letech o 6 až 9 %, a to u obou zpracovaných druhů půdy.

### *3.3.4 Výpočet velikosti doplňkové závlahy programem AFSIRS na území Slovenska pro jabloně*

Při výpočtu potřeby závlahové vody pro jabloně jsme předpokládali hloubku prokořenění 1 m, přičemž zavlažovaná hloubka byla 50 cm. Zvoleny byly pozdní odrůdy s nejdelší vegetační dobou, sklizené většinou v říjnu. Obdobně jako u předchozích ovocných druhů se předpokládalo obdělání meziřadí formou černého úhoru.

Výsledky výpočtů jsou v tab. 5 pro hlinitou půdu. Byly vypočítány jak průměrné hodnoty, tak i 90% zabezpečení. Průměrné hodnoty jsou uvedeny i pro jednotlivé měsíce vegetačního období. Nejvyšší potřeba závlahové vody je v teplých jižních oblastech (Bratislava, Hurbanovo, Jaslovské Bohunice), kde dosahuje 119 – 130 mm pro hlinitou půdu a 160 – 165 pro písčitou půdu, v nížinných oblastech východního Slovenska je toto množství o něco nižší, přibližně 75 mm u hlinité a 100 mm u písčité půdy. V suchých letech (90% -ní zabezpečení) tato spotřeba stoupá nad 200 mm v podunajské nížině na hlinité půdě, u písčité je to kolem 230, v nížinných oblastech východního Slovenska se pohybuje nad 110 mm pro hlinitou půdu a 170 mm pro písčitou.

Pokud jde o rozdělení potřeby závlahové vody v průběhu vegetačního období, nejvíce vody je zapotřebí v měsíci srpnu, tj. v období, kdy u většiny odrůd dochází k nárůstu plodů, o něco méně pak v červenci. Na každý z těchto měsíců připadá 40 – 45 % celkové spotřeby

vody, zbývající množství se pak rozděluje do června a září, o něco méně pak připadá na květen.

Tab. 5 Průměrné závlahové množství jabloní v jednotlivých měsících, za sezónu a 90% zabezpečení v mm (hlinitá půda)

stanice	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	celkem	90 %
Bratislava	3	15	53	38	13	122	201
Čaklov	0	0	10	20	0	30	61
Hurbanovo	3	15	56	43	13	130	216
Jasl. Bohunice	3	15	46	43	10	119	216
Košice	0	8	18	25	8	58	124
Kuchyňa	3	8	33	30	3	74	127
Michalovce	0	5	23	28	3	56	112
Milhostov	0	5	28	23	5	61	109
Or. Lesná	0	0	3	5	0	8	18
Piešťany	3	8	43	41	8	102	180
Poprad	0	3	10	18	8	38	71
Rim. Sobota	3	8	25	33	8	79	147
Rožňava	0	3	20	13	3	36	74
Sliac	0	3	28	23	8	61	117
Somotor	0	5	30	28	8	71	142
Štós	0	0	8	15	3	25	51
Télgárt	0	0	5	10	0	15	30
Víglaš	3	8	33	30	10	84	147
Žihárec	0	15	43	38	5	102	168

Podobně jako u předcházejících plodin, i zde jsme provedli interpolaci závislosti potřebného závlahového množství a úhrnů srážek za vegetační období. Tyto závislosti mají exponenciální charakter, v oblastech s nízkými úhrny srážek stoupá potřeba závlahové vody rychleji než ve vlhčích oblastech.



### **3.4 Moderní metody závlahy – případové studie použití mikrozávlah při závlaze některých plodin na území ČR**

V prezentované dizertační práci jsou zpracovány tři případové studie použití mikrozávlah. Jedná se o:

- Kapková závlaha trávníku před rodinným domem č. 53 v Moravském Žižkově (ČR)
- Závlaha broskvoňového sadu firmy AGROSAD s.r.o. ve Velkých Bílovicích
- Zhodnocení poloprovozního pokusu s kapkovou závlahou a přihnojováním u hrušní za období 2003-2005 v ZD Dolany

## **4. Závěr**

Předložená práce se snažila na základě literárních pramenů i vlastních výpočtů provedených s konkrétními dostupnými údaji meteorologických prvků poukázat na čtenější výskyt suchých období v posledních desetiletích, přičemž jedním ze způsobů, jak eliminovat alespoň částečně negativní dopad sucha v oblasti zemědělství, je efektivní využívání závlah. Ukazuje se, že současně s nárůstem suchých období stoupá i množství potřebné závlahové vody pro hlouběji kořenící kultury. Je proto zapotřebí věnovat pozornost provozuschopnosti stávajících a výstavbě nových závlahových systémů, které by umožnily eliminovat výkyvy v produkci způsobené nedostatkem přirozených srážek v průběhu vegetačního období. K tomu je m.j. znát i množství závlahové vody, potřebné pro jednotlivé plodiny za různých povětrnostních situací.

Hlavním cílem práce bylo stanovit pro území Slovenska potřeby závlahového množství pro vybrané vytrvalé plodiny s použitím vhodného bilančního modelu, za něž byl vybrán model AFSIRS, využívající údaje o referenční evapotranspiraci a koeficientu plodiny ke stanovení vláhové potřeby zkoumaného porostu. Takto byla stanovena potřebná závlahová množství pro ovocné druhy jabloně a broskvoně, vinnou révu a intenzivní travní porosty. K prostorové interpretaci bylo použito závislostí mezi potřebným množstvím závlahové vody a průměrným ročním úhrnem srážek za vegetační období, tyto závislosti se ukázaly poměrně těsnými a umožňují s dostatečnou přesností stanovit potřebné množství závlahové vody pro libovolnou lokalitu, pro níž jsou k dispozici dlouhodobé normály srážek.

Za období 1976 – 2000 se zvýšila potřeba závlahové vody oproti předcházejícímu pětadvacetiletí 1951 - 1975 v případě vinné révy o 18 % (hlinitá půda) až 25 % (písečná půda), v suchém roce toto zvýšení představuje 11 %, případně 17 %. U broskvoní toto zvýšení je o něco nižší, 12 % v průměrném roce a 6 (9) % v suchém. Na rozdíl od vinné révy a broskvoní se v případě travního porostu nepodařilo dokázat, že by docházelo ke statisticky významným změnám v potřebě závlahové vody v období 1951 – 1975 a 1976 – 2000.

Jak bylo poukázáno, bilanční metody jsou vhodné pro návrhové stanovení potřebného množství závlahové vody, avšak s ohledem na množství faktorů, které je zapotřebí vzít v úvahu, je výhodnější používat jiných metod při reálném řízení závlahového režimu v praxi.

Uvedené tři případové studie používání závlahy jsou založeny na autorových vlastních měřeních anebo vycházejí z výsledků výzkumných úloh, na nichž se autor podílel. Pokusné práce byly prováděny z technických důvodů v ČR, je však zcela evidentní, že k obdobným závěrům by se došlo i za situace, kdy by byly prováděny v SR. Jejich cílem a důvodem zařazení do této práce je dokumentovat přínosnost závlahy a současně upozornit na některá úskalí při používání kapkové závlahy v našich podmínkách. Při vyhodnocení pokusů prováděných na ovocných dřevinách se jednoznačně prokázal vliv závlahy na zvýšení výnosů a kvality plodů, při detailnějším aplikování závlahy v hrušních pak byla stanovena poměrně těsná lineární závislost mezi množstvím dodané závlahové vody a výnosem a velikostí plodů.

## 5. Přínosy práce

Přínosy práce se nalézají jak v teoretické, tak i praktické oblasti. V teoretické lze její přínos spatřovat především v:

- poukázání na potřebu závlah takových plodin, které v minulosti stály na okraji zájmu závlahařů
- vypracování a ověření postupu, pomocí něž lze z dostupných meteorologických, půdních a fyziologických údajů stanovit potřebné množství závlahové vody pro konkrétní lokalitu. Použitá metoda je celosvětově nejrozšířenější, umožňuje získávat srovnatelné výsledky a může nahradit metodu retrospektivní vláhové bilance, která se hrála v 70-tých letech značnou úlohu při navrhování a budování závlah na Slovensku a v Čechách. Vytvořené databáze umožňují poměrně snadno a rychle vypočítat potřebné množství závlahové vody pro další plodiny.

- upozornění na potřebu závlahy zpracovaných plodin i v oblastech, v nichž se doposud jejich závlaha neprováděla
- konstatování, že zejména u hlouběji kořenících plodin v poslední čtvrtině XX. stol. vzrostlo potřebné množství závlahové vody oproti předcházejícímu pětadvacetiletí. Lze očekávat, že s prohlubujícími se klimatickými změnami tento trend bude pokračovat

Přínosem pro praxi může být pak zejména:

- vypracování potřeb závlahové vody pro celou oblast Slovenska pro druhy rostlin, u nichž je v současné době nejčastěji budována závlaha
- experimentální stanovení přínosu kapkové závlahy při pěstování broskvoní a hrušní
- upozornění na některé nedostatky v řízení kapkové závlahy v běžném provozu

## 6. Vybraná literatura

ALLEN R.G., PEREIRA L.S., RAES D., SMITH M. 1998. *Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56, Roma 1998, 301 s.

BABJAK, M., HRIČOVSKÝ, I., HANISKO, L. 2004. *Možnosti využitia hnojivej závlahy při pestovaní jadrového ovocia v tvare štíhle vreteno v zmenených klimatických podmienkach*. In Bioklimatologické pracovné dni, Viničky 2004, nestr.

BESSET, J. et al. 2001. *Effect of water stress applied during the final stage of rapid growth on peach trees (cv. Big-Top)*. In Scientis Horticulturae 91, 2001, s. 289-303

BROWN, P., KOPEC, D. 2000. *Converting reference evapotranspiration into turf water use*. Turf irrigation management series II, University of Arizona, 2000, 6s.

ČEPIČKA, J. 1987. *Problematika doplňkové závlahy u broskvoní*. In Záhradníctvo, č. 7, 1987, s. 291 - 293

ČSN 750434: 1993. *Potřeba vody pro doplňkovou závlahu*. Český normalizační institut, 1993, 32 s.

DORENBOS, J., PRUITT, W.O. 1984. *Crop water requirements – Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and drainage paper 24, FAO, Rome, 1984, ISBN 92-5-100279-7

- GIRONA, J. et al. 2002. *Evapotranspiration and soil water dynamics of peach trees under water deficits*. In *Agricultural Water Management* 54, 2002, s. 107-122
- HANISKO, L. 2003. *Interactive effect of irrigation and fertilization on the quality of apples*. In *J. Appl. Hort.*,5(1) 2003, s. 3-6
- HANISKO, L. 2004. *Interakčný efekt závlahy a hnojenia na jablone v tvare štíhle vreteno*. Doktorandská dizertačná práca, MZLU, Lednice na Moravě, 2004
- HESS, T. 1996. *A microcomputer scheduling program for supplementary irrigation*. In *Computer and Electronic in Agriculture*, 15, 1996, s. 233 – 246
- HRABĚ, F. a kol. 2003. *Trávy a trávniky – co o nich ještě nevíte*. Vydavatelství Petr Baštan – Hanácká reklamní, Olomouc 2003, 158 s., ISBN: 80-903275-0-8
- HRÍBIK, J. 2003. *Synergické účinky zavlažovania špeciálnych plodín*. In *Zahradnictví*, č. 8, 2003, s. 10.
- JACOBS, J.M., SATTI, S.R. 2001. *Evaluation of reference evapotranspiration methodologies and AFSIRS crop water use simulation model*. Final report, University of Florida, 2001, 122 s.
- KOHUT, M. 2003 *Vybrané metody výpočtu evaporace a evapotranspirace*. In Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): *Seminář „Mikroklima porostů“*, Brno, 26. března 2003, str. 172-186, ISBN 80-86690\_05-9
- KUTÍLEK, M. 1978. *Vodohospodářská pedologie*. SNTL Praha, 1978, 296 s.
- KUBEČKA, D. 1984. *Vplyv závlahy a hnojenia na úrodnosť viniča hroznorodého*. In *Pokroky vo vinohradníckom a vinárskom výskume*, Príroda, Bratislava, 1984, s. 64-77
- LÁTEČKA, M., BURGER, F. 2004. *Stanovenie potreby vody simulačným modelom*. In *Acta horticulturae et regiotecturae*, SPU Nitra, Vol. 7, No. 1, 2004, s. 1-3
- NOVÁK V.: *Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovanie*. SAV, Bratislava, 1995, 257 str., ISBN 80-224-0409-8
- NOVÁK, V. 2001. *Evapotranspiration and its Distribution over Slovakia*. In *Život. Prostr.*, Vol. 35, 2001, No. 3, 133,
- NOVOTNÝ, M. a kol. 1990. *Závlaha poľných a špeciálnych plodín*. PRÍRODA Bratislava, 1990, 312 s., ISBN 80-07-00267-7
- MICHÁLEK, S. 2005. *Súčasný stav ovocných sádov na Slovensku*. *Zahradnictví*, č. 12, 2005 s. 12 – 15.
- PRAŽÁK, M. 1988. *Upřesnění kritických období potřeby vody a velikost potenciální evapotranspirace u jabloní odr. Golden Delicious*. In *Vědecké práce ovocnářské*, 11, 1988, s. 51-55.

- PRAŽÁK, M., PROSA, S., CIMPA, L. 2002. *Kapková závlaha s přihnojováním jabloní*. In AGRO, roč. VII, 2002, s. 37-38
- PRAŽÁK, M., LITSCHMANN, T. 2007. *Přínos fertigace hrušní pro výnosovou stabilizaci a kvalitu produkce*. In Vědecké práce ovocnářské, č. 20, VŠUO Holovousy, 2007, v tisku
- RAES, D. 2002. *BUDGET. A soil and water balance model*. Reference manual, Version 5.0, June 2002, 88 s.
- REHÁK, Š., NOVOTNÝ, M. a kol. 1996. *Voda v poľnohospodárskej krajine*. VÚZH, VÚPÚ, Bratislava, 1996, 40 s. , ISBN 80-85361-24-8
- SABOLČÁK, A., JANSTA, Z., LITSCHMANN, T. 2000. *Ekonomický prínos kapkové závlahy jabloní v podmíenkách jižní Moravy*. In Informace pro zahradnictví, č. 10, Praha, 2000, s. 6-7
- STEIN, T-M.: *Crop Coefficients (kc) for Grapes*. WWW Virtual Library IRRIGATION, INTERNET, nestr., nedatováno
- SMAJSTERLA, A.G. 1990. *Technical Manual: Agricultural Field Scale Irrigation Requirements Simulation (AFSIRS) Model, Version 5.5*. Agricultural Engineering Department, University of Florida, 1990
- ŠIŠKA, B., MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J., TAKÁČ, J. 2004. *Zmeny podnebia, extrémny počasie a pôdohospodárstvo*. In Bioklimatologické pracovné dni 2004, Zmeny podnebia - Extrémny počasie - Organizmy a ekosystémy, Viničky, 23.-26.8.2004, ISBN: 80-8069-402-8
- ŠOLTÉSZ, J., KLEMENTOVÁ, E. 1984. *Príspevok k určeniú závlahového množstva*. In Závlahy v procese zefektívňovania poľnohospodárskej výroby. Zborník prednášok zo sympózia pri príležitosti 25. výročia VÚZH Bratislava. Dom techniky ČSVTS Banská Bystrica, 1984, s. 130-135
- ŠPÁNIK, F. a kol. 1997. *Aplikovaná agrometeorológia*. SPU Nitra, 1997, ISBN 80-7137-421-0

## **7. Tematicky relevantní publikace dizertanta**

- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2004. *The agro-climatic drought in Slovakia in 2003*. Meteorologický časopis, 7, 2004, s. 11-16, ISSN 1335-339X
- LITSCHMAN, T., KLEMENTOVÁ, E. 2004. *Using palmer drought severity index to assess drought in territory of Slovakia*. In Meteorologický časopis, 7, 2004, s. 67-72, ISSN 1335-339X

- LITSCHMANN, T., PRAŽÁK, M. 2001. *Vodní stres meruněk a broskvoní v podmínkách jižní Moravy*. In Vědecké práce ovocnářské, 17, VŠUO Holovousy, 2001, s. 141-148
- LITSCHMANN, T., OUKROPEC, I., PRAŽÁK, M. 2003. *Zavlažování broskvoní v podmínkách Jižní Moravy a Slovenska*. In Soil and Water, 2/2003 s. 167-180, Scientific Studies RISWC Praha, ISSN 1213-8673
- PRAŽÁK, M., LITSCHMANN, T., OUKROPEC, I., KLEMENTOVÁ, E. 2005. *Potřeba závlahové vody meruněk a broskvoní s přihlédnutím k podmínkám Slovenska*. In Vědecké práce ovocnářské 19/2005, VŠUO Holovousy, 2005, s. 137-146, ISBN 80-902636-4-X
- LITSCHMANN T. 1991. *VIRRIB: A soil moisture sensor and its application in agriculture*. In Communications in soil science and plant analysis. Vol. 22, No 5 & 6, New York 1991, s. 409-418.
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2001. *Hodnotenie sucha s ohľadom na doplnkové závlahy*. In Ed.:Z. Izakovičová. *Krajinné plánovanie v 21. storočí*. UKE SAV Bratislava 2001, s. 152-158, ISBN 80-968120-8-4
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2002. *Detekcia výskytu sucha v Hurbanove*. In Ed: Antal, J.: *Očakávané globálne zmeny klímy a ich možný dopad na vodný režim, poľné a lesné hospodárstvo*. Slovenská akadémia pôdohospodárskych vied, Zborník 27 SAPV, Nitra 2002, s. 45-50. ISBN 80-968665-3-2
- LITSCHMANN T. 1989. *Využití moderních elektronických zařízení při optimalizaci závlah*. In: *Využití elektroniky v rostlinné výrobě*, V. Bílovice 8.11.1989, s. 1-9
- LITSCHMANN T. 1991. *Přínos zemědělského družstva Velké Bílovice k rozvoji závlah*. In *Mechanizace zemědělství*, č. 1, 1991, s. 20-22
- LITSCHMANN, T., PRAŽÁK, M. 1995. *Praktické poznatky při řízení mikrozávlah*. In *Zahradnictví-Záhradnictvo*, č. 4, 1995, s. 11-12
- LITSCHMANN, T., PRAŽÁK, M. 1996. *Zkušenosti při řízení mikrozávlah v roce 1995*. In *Zahradnictví – Záhradnictvo*, č.5, 1996, s. 12-13
- LITSCHMANN, T. 1996. *Změny klimatu a jejich možné důsledky pro zemědělství*. In *Zahradnictví – Záhradnictvo*, č. 7, 1996, s. 2-5
- LITSCHMANN, T., PRAŽÁK, M. 1997. *Počítače a řízení závlah*. In *Informace pro zahradnictví*, č. 7, 1997, s. 10-11
- LITSCHMANN, T. 1997. *Koncentrace troposférického ozónu v ČR a jejich vliv na výnosy*. In *Zahradnictví-Záhradnictvo*, č. 10, 1997, s. 2-3
- LITSCHMANN, T., PRAŽÁK, M. 1998. *Změny klimatu a využití závlah*. In *Informace pro zahradnictví*, č. 8, 1998, s. 8-9

- LITSCHMANN, T., PRAŽÁK, M. 1999. *Kapková závlaha a její řízení*. In Nový venkov, roč. 3, č. 7, 1999, s. 22-25,
- SABOLČÁK, A., JANSTA, Z., LITSCHMANN, T. 2000. *Ekonomický přínos kapkové závlahy jabloní v podmínkách jižní Moravy*. In Informace pro zahradnictví, č. 10, 2000, s. 6-7
- LITSCHMANN, T., STRAKA, J. 2000. *Makropórové zasakování vody v travních porostech*. In Úroda, č. 8, 2000, s. 25-27
- LITSCHMANN, T., STRAKA, J. 2001. *Význam měření půdní vlhkosti pro optimalizaci závlahy trávníků*. In Trávníky 2001, Agentura BONUS, 2001, s. 18-22,
- LITSCHMANN, T. 2001. *Efektivnost zavlažování broskvoní*. In Informace pro zahradnictví, č. 6, 2001, s. 11
- LITSCHMANN, T., STRAKOVÁ, M., PŘIDAL, P. 2002. *Praktické zkušenosti s kapkovou závlahou trávníku*. In Zahradnictví, č. 4, 2002, s. 12-13
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2002. *Hospodárenie s vodou pri návrhu závlahovej stavby*. In Projekt a stavba. Roč. 4 č. 12 2002, s. 17-20 ISSN 1335-5007
- BUZRLA, J., LITSCHMANN, T. 2005. *Zkušenosti s ověřováním vhodnosti nových odrůd broskvoní a nektarinek na jižní Moravě v roce 2003*. In Zahradnictví, č. 5, 2005 s. 14 - 15
- LITSCHMANN, T. 2006. *Způsob obdělání meziřadí v závlahových a bezzávlahových podmínkách*. In Zahradnictví, č. 4, 2006, s. 16 – 18
- LITSCHMANN, T. 2006. *Možnosti úspory vody při závlaze trávníků*. In Zahradnictví, č. 10, 2006, s. 32 - 34
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J. 2002. *Assessment of Drought in Landscape*. In: Participation of women in the fields of meteorology, operational hydrology and related sciences. Bratislava, 16-17. V. 2002, s. 143 – 148
- LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ E. 2004. *Moistening Irrigation in Viticultural Regions of Slovakia*. In Ed: Zvonimir Vukelic: Research on Irrigation and Drainage. The 4th International Workshop. ICID-CIID, MAKCID, 24.3.2004. ISBN 9989-2119-1-4, s. 123-131.
- KLEMENTOVÁ E., LITSCHMANN, T. 2004. *The Assessment of Agronomical Drought Importance in Relation to Intensive Turf*. In Ed: Zvonimir Vukelic: Research on Irrigation and Drainage. The 4th International Workshop. ICID-CIID, MAKCID, 24.3.2004. ISBN 9989-2119-1-4, s. 89-96
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN T., 2001. *Hodnotenie sucha s ohľadom na doplnkové závlahy*. In.: Extrémy prostredia (počasie) – limitujúce faktory bioklimatologických procesov, Bioklimatologické pracovné dni, Račková dolina 10.-12.9.2001

- LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ, E., HEJDUK, S. 2003. *Potřeba vody pro trávníky*. In: Zborník z konferencie (CD) s medzinárodnou účasťou „Hydrologia na prahu 21. storočia - Vízia a realita“ organizovanej ÚH SAV, SVH a SV IGBP, Smolenický zámok, 5. - 7. mája 2003, ISBN 80-89139-00-0
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2003. *Tendence výskytu sucha na Slovensku*. In: Zborník z konferencie (CD) s medzinárodnou účasťou „Hydrologia na prahu 21. storočia - Vízia a realita“ organizovanej ÚH SAV, SVH a SV IGBP, Smolenický zámok, 5. - 7. mája 2003, ISBN 80-89139-00-0
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2004. *Potrebuju hlavné vinárske oblasti Slovenska doplnkovú závlahu?* In: Bioklimatologické pracovné dni 2004 „Zmeny podnebia - Extrémy počasia - Organizmy a ekosystémy“, 23. – 26. 08. 2004, Viničky, ISBN 80-8069-402-8
- LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J., BROTON, J. 1998. *Dynamika pôdnej vláhly pod travným porostom*. Poster, In: Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, Bratislava, 1998
- LITSCHMANN, T., STRAKA, J. 2000. *Zkušenosti s makropórovým zasakováním v travním porostu v oblasti českomoravské vysočiny*. Poster, In: Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, Bratislava 16.11.2000
- LITSCHMANN T., KLEMENTOVÁ E., ROŽNOVSKÝ J. 2001. *Palmerův index závažnosti sucha a jeho použití v našich podmínkách*. Poster, In: Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda-rastlina-atmosféra, Bratislava 29.11. 2001
- LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ, E. 2002. *Spotřeba závlahové vody teplomilnými ovocnými dřevinami*. Poster., In.: X. posterový deň s medzinárodnou účasťou „Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda – rastlina – atmosféra“. Bratislava 28.11.2002, ISBN 80-968480-9-7
- LITSCHMANN, T. 1993. *Príspevek ke klimatografii vinohradnických lokalit na Slovensku*. In.: Litschmann, T., Rožnovský, J. (ed): Agrometeorologická konferencia 93. Sborník referátů. ČBkS, Brno, 25.-26.11.1993, s. 24-29
- LITSCHMANN, T. 1998. *Změny klimatu a jejich možné důsledky pro vegetaci*. In: Současná zahradní a krajinářská tvorba z hlediska změn životního prostředí. 24. seminář „Životní prostředí a veřejná zeleň ve městech a obcích“. Klatovy 9.-10.9.1998, s. 16-28
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2001. *Výsledky hodnotenia sucha v oblasti Hurbanova*. In.: Rožnovský, J., Janouš, D. (ed): Sucho, hodnocení a predikce. Pracovní seminář, Brno 19.11.2001



- LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J. 2001. *Palmerův index závažnosti sucha a jeho aplikace na lokalitu Žabčice*. In.: Rožnovský, J., Janouš, D. (ed): Sucho, hodnocení a predikce. Pracovní seminář, Brno 19.11.2001
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2001. *Drought and their evaluation*. 9th international conference of horticulture, Vol. 2, ZF MZLU, Lednice na Moravě, 2001 s. 447 – 443.
- LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ, E., ROŽNOVSKÝ, J. 2002. *Vyhodnocení period sucha v časových řadách pražského Klementina pomocí PDSI*. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed.): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě 2.-4. září 2002, s. 280-289, ISBN 80-85813-99-8,
- LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ, E. 2004. *Využití potřeby závlahové vody vybraných plodin k charakteristice suchosti ročníku na území SR*. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno, 11. března 2004, ISBN 80-86690-12-1
- KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2004. *Potreba závlahovej vody pre broskyne*. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno, 11. března 2004, ISBN 80-86690-12-1
- LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ, E. 2005. *Srovnání výpočetních metod potenciální evapotranspirace*. In.: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Seminář „Evaporace a evapotranspirace“, Brno, 23. března 2005, s. 47 – 58, ISBN 80-86690-24-5
- PRAŽÁK, M., LITSCHMANN, T. 2006) *Evaluation of semi-operational drip irrigation and fertilizer experiment in co-operative farm Dolany in 2003-2005*. International conference of Perspektive in European Fruit Growing. Lednice, 2006, 8 s.