

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta Životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a

enviromentálního modelování



Zavlažování rýžových polí na Bali

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Jakub Štibinger,
CSc.

Diplomant: Bc. Denisa Doležalová

Praha, 2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Denisa Doležalová

Voda v krajině

Název práce

Zavlažování rýžových polí na Bali

Název anglicky

Irrigation of Rice Fields on Bali

Cíle práce

Cílem práce je zjištění metod zavlažování rýžových polí a následné využití při návrhu závlahy rýžových polí.

Metodika

1. Charakteristika závlah
2. Druhy a typy závlah
3. Charakteristika rýžových polí (Indonésie)
2. Metody zavlažování rýžových polí
3. Návrh zavlažování rýžových polí
4. Výpočty, výkresy
5. Fotodokumentace

Doporučený rozsah práce

40 stran textu + výpočty

Klíčová slova

rýžová pole, závlahy, vodní režim,

Doporučené zdroje informací

ČSN 75 0434

Graeme MacRae, RICE FARMING IN BALI – Organic Production and Marketing Challenges, 2011

HOLÝ, M. *Závlahové stavby : Učebnice pro stavební fak.* Praha: SNTL, 1976.

Ritzema H. *Draiange Principles and Applications*, 2006



Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

doc. Ing. Jakub Štibinger, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra biotechnických úprav krajiny

Konzultant

Komang Gede Suardana

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2018

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 16. 3. 2018

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 22. 03. 2018

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Jakuba Štibingera, CSc. další informace mi poskytlo Agriculture and Irrigation Department (Ministerstvo zemědělství) na Bali a Muzeum Subaku na Bali, a že jsem uvedla všechny literární parametry, ze kterých jsem čerpala.

Prohlašuji, že tištěná verze se shoduje s verzí odevzdanou přes Univerzitní informační systém.

V Praze dne 18.4.2018

Doležalová Denisa

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Jakubovi Štibingerovi za odborné vedení diplomové práce a za jeho připomínky. Dále bych ráda poděkovala mému konzultantovi Komang Gede Suardanovi za překlad materiálů z Balijského jazyka a za pomoc při pořízení fotodokumentace k mé diplomové práci. Velké poděkování patří mé rodině za jejich podporu při studiu.

V Praze dne 18.4.2018

Doležalová Denisa

.....

Abstract

This thesis is about problematic Irrigation system in Bali. The main idea is to describe irrigation and then focus on irrigation of rice using professional literature and information obtained in Bali. Czech as well as foreign professional literature has been used for this thesis which is concern irrigation, rice and irrigation system.

Keywords: Rice fields, irrigation, water regime

Abstrakt

Tato práce se věnuje problematice Zavlažování rýžových polí na Bali. Hlavním úkolem této práce je všeobecně popsat závlahy a následně se zaměřit na závlahu rýže výtopou, a to pomocí odborné literatury a informací a dat získaných na Bali. Pro tuto práci byla použita jak česká, tak i zahraniční literatura, která se týká závlah, rýže a zavlažovacího systému.

Klíčová slova: Rýžová pole, závlahy, vodní režim, zavlažovací systém

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	3
3. Závlahy	4
3.1 Potřeba závlah.....	4
4. Druhy a způsob závlah.....	5
4.1 Dělení dle hlavního účelu.....	6
4.1.1 Doplnková závlaha	6
4.1.2 Hnojivá závlaha	7
4.1.3 Zvláštní závlaha	8
4.2 Dělení dle technického uspořádání	10
4.2.1 Závlaha postřikem.....	10
4.2.2 Závlaha přeronom	11
4.2.5 Závlaha výtopou.....	14
5. Vláhová potřeba rostlin.....	15
5.1 Transpirační vláhová potřeba	16
6. Klimatické poměry	17
6.1 Režim atmosférických srážek.....	18
6.2 Teplotní poměry.....	19
6.3 Vlhkostní poměry.....	19
6.4 Výpar	19
6.5 Výskyty sucha.....	20
7. Rýže	20
7.1 Historie rýže	20
7.2 Typy a druhy rýže.....	21
7.3 Podmínky pro pěstování rýže.....	21
8. Závlaha rýže.....	22
8.1 Technické řešení zavlažování rýže	23
9. Bali.....	26
9.1 Základní informace.....	26
9.2 Klimatické poměry	27
9.3 Pedologické poměry.....	28
9.4 Náboženství a rýže	28
9.5 Zemědělství.....	30
10. Rýže na Bali	31

10.1	Fáze pěstování rýže.....	32
10.1.1	Příprava pole.....	32
10.1.2	Sazenice rýže.....	34
10.1.3	Sázení rýže.....	34
10.1.4	Růst rýže.....	35
10.1.5	Sklizení rýže.....	36
11.	Subaku Zavlažovací systém.....	37
11.1	Části zavlažovacího systému.....	38
11.2	Organizační schéma Subaku.....	40
11.2.1	Komise Subaku.....	41
11.2.2	Skupiny Subaku.....	42
11.3	Historie zavlažovacího systému.....	43
11.4	Muzeum Subaku.....	44
11.5	Subaku jako národní dědictví UNESCO.....	45
11.5.1	Krajina Catur Angga Batukaru.....	46
11.5.2	Krajina Pekerisan Watershed.....	46
11.5.3	Jezero Batur s chrámem Pura Ulun Danu Batur.....	47
11.5.4	Vodní chrám Pura Taman Ayun.....	48
12.	Charakteristika řešeného území.....	49
12.1	Tanah Lot.....	49
12.2	Klimatické podmínky Tanah Lot.....	49
12.2.1	Teplota.....	49
12.2.2	Srážky.....	50
12.2.3	Evapotranspirace.....	50
12.2.5	Zásobování vodou.....	51
12.2.6	Terasy.....	53
12.2.7	Infiltrace.....	54
13.	Metodika.....	55
14.	Výsledky.....	58
15.	Diskuze.....	60
16.	Závěr.....	61
16.1	Zhodnocení výsledků.....	61
16.2	Přínos práce.....	62
17.	Fotodokumentace.....	63
18.	Zdroje.....	70
18.1	Literatura.....	70

18.2 Internetové zdroje	71
18.3 Seznam obrázků	71
19. Přílohy	72
19.1 Příloha č. 1.....	72
19.2 Příloha č. 2.....	73
19.3 Příloha č. 3.....	74
19.4 Příloha č. 4.....	75
19.5 Příloha č. 5.....	76
19.6 Příloha č. 6.....	77

1. Úvod

Voda je jednou ze základních a velmi důležitých složek životního prostředí, protože bez vody by nemohl existovat život na Zemi. Nakládání s vodou je velmi důležité pro rostliny a plodiny zejména v oblastech, kde je nedostatek srážek a bez závlahových staveb by nebylo vůbec možné plodiny pěstovat.

Na Bali by se bez systému zavlažovacích kanálů zdejší zemědělství neobešlo. Jelikož se Bali nachází v tropickém pásu 7° pod rovníkem, kde se střídají období sucha a období dešťů, tak je zde hospodaření s vodou velmi důležité. Zavlažovací systém je nezbytný pro místní rýžová pole, která jsou zde nejen zdrojem obživy, ale také jsou smyslem místního života a kultury a bez zavlažovacího systému by nebylo možné v období sucha rýži pěstovat.

Zavlažovací systém na Bali má dlouhou a zajímavou historii. Díky důmyslnému zavlažovacímu systému mají Balijsci dostatek výživy už po několik staletí. Z počátku měli na Bali jednoduchý systém zavlažování, až později, kdy na Bali přišli Holanďané a navrhli Balijscům propracovaný systém zavlažování, který je na Bali používám dodnes. Zdokonalili jim hospodaření se závlahovou vodou do takové míry, že Balijsci mají dostatek vody a mohou zásobovat všechna rýžová pole i v období, kdy nespadnou žádné srážky, což před příchodem Holanďanů neměli. V minulosti v období sucha zavlažovali jen ta rýžová pole, na které přímo přitékala voda, na ostatních polích pěstovali plodiny, které nepotřebovali pro růst takové množství vody. Zásobárny závlahové vody jsou na Bali nejen velká jezera, která se nacházejí v horských oblastech, ale jsou jimi i různé chrámy, kde vyvěrají prameny ze země. Voda je zde kumulována a později odváděna na rýžová pole. Dalšími zdroji pro závlahu rýže jsou řeky, které na Bali pramení většinou v horských oblastech. Funkcí zavlažovacího systému je také akumulace srážek, které spadnou na území v období dešťů a následně jejich využití pro závlahu rýže v období sucha.

Velmi důležitou roli v zavlažovacím systému na Bali tvoří společenství Subaku. Jedná se o společenství, které zajišťuje, aby celý systém fungoval, a aby závlahová voda byla v dostatečném množství pro všechny zemědělce pěstující rýži. Mají svá pravidla, která je nutno dodržovat a porušení těchto pravidel je trestáno. Celé toto společenství je spjato s přírodou a dělají vše pro prospěch přírody a životního prostředí na Bali.

Poznatky o zavlažování a pěstování rýže si Balijsi předávají z generace na generaci a všechny úkony, které se pěstování rýže a jejího zavlažování týkají, tak dělají automaticky, tak jak je to naučili předci. Všechny poznatky a data o pěstování rýže jsou zaznamenávány v muzeu Subaku, které Balijsi založili, aby se zachovala kultura pěstování rýže i pro budoucí generace. Dokonce se tento zavlažovací systém a některá rýžová pole (obr. 1) se stala kulturní památkou UNESCO.



Obr. 1 – Rýžové pole – Pekerisan 2017

2. Cíle práce

Cílem této diplomové práce je popsání metod zavlažování rýžových polí a následné využití těchto metod při zmapování lokality Tanah Lot a výpočtů kapacity závlahových kanálů a výpočtů na rýžových polích na vybrané lokalitě.

3. Závlahy

Závlahy jsou stále důležitějším faktorem pro výživu obyvatelstva na planetě Zemi. Celosvětově není možno obstarat výživu a dostatek potravin pro obyvatele bez výstavby funkčních závlahových systémů. Účel závlah je rozdílný v závislosti na klimatických podmínkách, topografii, půdních podmínkách atd. V tropických oblastech, kde jsou srážky soustředěny pouze do několika málo měsíců, jsou závlahové systémy zcela nezbytné, aby i v suchém období bylo možné sklízet. Příčinou různého vývoje závlahových systémů jsou odlišné klimatické podmínky na planetě a také různé požadavky na místní závlahy. Tam, kde se nemůže bez závlah provozovat zemědělství jsou zavlažovací systémy jedním ze základních součástí vodního hospodářství. K akumulaci vody zde slouží převážně vodní díla, která z velké části zaručí přívod a dostatek vody v suchých obdobích. Jako součásti závlahových soustav jsou vystavovány vodní nádrže, vzdouvací zařízení, odběrné objekty, zavlažovací kanály atd. V suchých oblastech bývají většinou tato díla budována pro využití a rozvádění závlahové vody. Naopak v oblastech, kde tyto zařízení pouze vyrovnávají nedostatek vody, který vzniká občasným nedostatkem srážek, jsou tato díla budována jako víceúčelová a rozvádění a akumulace závlahové vody jsou na prvním místě jen v některých případech. Důležitost zavlažování stále roste a to proto, že si lidé uvědomují svou povinnost zajistit výživu pro všechny lidi na planetě (Holý a kol 1976).

Závlahy zlepšuje vláhový stav půdy, čímž zajišťuje také správný vývoj plodin, které se na půdě pěstují. Zavlažovacím systémem můžeme rostliny nejen zavlažovat, ale také hnojit, oteplovat, chránit před mrazem a podobně. (Jůva 1959).

Půda se zavlažuje hlavně tam, kde je trvalý nebo občasný nedostatek srážek nebo, kde jsou srážky časově špatně rozdělené. Zavlažovací systém může být řešen několika způsoby, a to podle klimatických podmínek dané oblasti (Jůva a kol 1964).

3.1 Potřeba závlah

Nedostatkem srážek, anebo také jejich nevhodným rozložením vzniká sucho. Na zeměkouli je nestejnorodé rozdělení srážek je dáno pohybem atmosféry a nestejným oteplováním naší Země slunečním zářením. Množství zření, které dopadá

na zemský povrch je dáno především geografickou šířkou. Nejvíce slunečního záření dopadá do oblastí kolem rovníku, kde je slunce nejnižší nad horizontem a záření dopadá nejkolměji k zemskému povrchu. V oblasti rovníku a pólů je tedy výrazný teplotní rozdíl a pohyb atmosféry se snaží o vyrovnání teplot na naší planetě. V oblastech, kde dochází ke konvergenci vzdušných proudů a vzestupném pohybu se tvoří srážky. Naopak v oblastech s divergentním prouděním vzdušných proudů a tam kde je vysoký tlak, tak dochází k nedostatku srážek. V rovníkových oblastech hrají zásadní roli monzuny, které zajišťují srážky v těchto převážně suchých oblastech (Holý a kol. 1976).

Velký vliv na tvorbu srážek má vliv i rozdíl teplot, které jsou mezi pevninou a mořem mnohdy velmi výrazné. Pokud je nad pevninou suchý vzduch a nedostatek srážek, tak dochází k proudění suchého vzduchu a vysokého tlaku z kontinentu nad moře. V letním období dochází naopak k pohybu vzduchu od moře na pevninu, tento jev je provázen vlhkým vzduchem a srážkami (Holý a kol. 1976).

Z hlediska potřeby závlah se musí analyzovat sucho z hlediska doby výskytu, délky trvání, jak často se sucho během roku vyskytuje, ale tak z hlediska vláhové potřeby rostlin, které se v pozorované oblasti vyskytují. Jsou dva typy sucha, které se v oblastech může vyskytovat: jedná se o klimatické sucho nebo místní sucho. Klimatické sucho je sucho, které zasahuje velké oblasti a je způsobeno nedostatkem nebo špatným časovým rozdělením srážek a také vysokou teplotou. Vysoká teplota zvyšuje ve velkém množství ztrátu vody. Místní sucho není závislé na klimatických podmínkách, nedostatek vláh závisí na místních podmínkách, které ovlivňují vodní režim a nedostatečné množství vláh. Sucho vznikne převážně kombinací několika faktorů (Holý a kol. 1976).

4. Druhy a způsob závlah

Zavlažování půdy je možné hned několika způsoby. Aby byla závlaha využita účelně, tak se rozdělení závlah musí přesně vymežit. Podle účelu dělíme druhy závlah na doplňkovou, hnojivou a zvláštní. Podle technického uspořádání dělíme způsob závlah

na: zavlažování postřikem, přeronom, brázdovým podmokem, závlahovou drenáží nebo výtopou. Tyto druhy závlah doplňují hlavní závlahovou síť. Hlavní závlahová síť zajišťuje přívod vody v potřebném množství i ve vhodné denní době na všechny části zavlažovaného území. (Jůva a kol. 1964).

4.1 Dělení dle hlavního účelu

4.1.1 Doplnková závlaha

Tato závlaha se nazývá také jako přídatná závlaha. Doplnková závlaha musí být navržena tak, aby doplňovala nedostatek vláhy rostlin na optimální vláhovou potřebu. Musí být navrhována takovým způsobem, aby nepoškozovala půdu nebo pěstované plodiny zamokřením, zasolením a podobně. Tento druh závlahy je nezbytným v suchých oblastech. Při posuzování potřeby závlahové vody se musí podrobně zjistit, jak škodlivé jsou účinky sucha a časové rozložení případných srážek. Závlaha se provádí většinou ve vegetačním období. Může se provádět buď jednorázově, kdy má rostlina kritické období svého vývoje, anebo opakovaně podle vláhové potřeby rostliny. Pro tuto závlahu se může použít jakýkoliv tip vody vhodný pro závlahu rostlin. Nejlepší volbou je však čistá povrchová voda, která má přiměřenou teplotu a dostatek kyslíku (Jůva a kol. 1964).

Doplnková závlaha se stanovuje v prostoru a čase. Musí se stavit závlahové množství pro konkrétní plodiny. Závlahové množství se stanovuje podle vzorce:

$$M_d = 100 * k_z * (P_k - W_m) * h \quad (\text{m}^3 * \text{ha}^{-1}) \quad (1)$$

Kde:

k_z – ztrátový součinitel, který je závislí na způsobu vláhy

P_k – Kapilární pórovitost půdy (%)

W_m – momentální půdní vlhkost (%)

h – potřebná hloubka provlážení půdy

Tento vzorec se využívá pro výpočet i u závlahy přeronom, postřikem, brázdovým podmokem a výtopou (Váška a kol. 2000).

4.1.2 Hnojivá zálaha

Tato zálaha slouží nejen k dodávání potřebné vody rostlinám, ale také k prohojení půdy. Volí se buď náhrada živin, která byla odebrána sklizní nebo zlepšení půdy zúrodnujícím základem, který je obsažen v dodávané zálahové vodě. O pravidelnosti dodávání hnojiv v zálahách se rozhoduje podle toho, jaké plodiny se na zavlažovaném pozemku pěstují a na typu a vlastnostech půdy na pozemku. Pro tuto zálahu se volí např. kalné říční vody, které vznikly jarními a podzimními velkými vodami a obsahují hnojivé příměsi. Dále se můžou využívat odpadní vody např. ze sídlišť a podniků, které ovšem nesmějí obsahovat škodlivé látky pro pěstované plodiny a půdu, nebo močůvky a kejdy, které jsou hnojivě hodnotné. Hnojivá zálaha se často kombinuje se zálahou doplňkovou. Většinou se tak v nevegetačním období zavlažuje hnojivě a ve vegetačním období se zavlažuje čistou nehnojenou vodou. (Jůva a kol. 1964).

Pro hospodárné využití všech živin u hnojivé zálahy je důležitá doba, kdy se hnojivá zálaha aplikuje. Zálahové množství pro hnojivou zálahu se vypočítá podle vzorce:

$$M_{dhi} = \frac{M_h}{n} * \frac{\zeta}{\zeta_i} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (2)$$

Kde:

M_{dhi} – zálahové množství ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)

M_h – zálahové množství v jedné dávce

n – počet dávek

ζ_i – součinitel směrodatných živin v měsíci (i)

ζ – průměrný součinitel směrodatných živin za rok, který se určuje z rovnice:

$$\zeta = \frac{\sum \zeta_i}{n} \quad (3)$$

(Váška a kol. 2000).

4.1.3 Zvláštní závlaha

Této závlaze se říká také speciální závlaha. je navrhována pro specifický účel a na to musí být při návrhu této závlahy dbáno, aby se přizpůsobilo množství a časové využití závlahové vody.

Prvním typem zvláštní závlahy je **oteplovací závlaha**. Tato závlaha slouží ke zlepšení teplotního stavu půdy v jarním a podzimním období. Na jaře se tak urychluje vývoj vegetace. Pro oteplovací závlahu se většinou používají odpadní vody, které zároveň půdu obohacují živinami. Při této závlaze se musí dbát na to, aby dávky neohrožovali půdu vysokými dávkami živin a vody (Jůva a kol. 1964). Závlahovou dávku pro oteplovací závlahu lze určit podle rovnice:

$$M_{dot} = 100 * k_{ot} * (V_o - V_{mom}) * h_{ot} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (4)$$

Kde:

M_{dot} – závlahová dávka ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)

k_{ot} – ztrátový součinitel (v rozmezí 1,1 – 1,5)

V_o – maximální kapilární kapacita půdy (%)

V_{mom} – okamžitá vlhkost půdy (%)

h_{ot} – požadovaná hloubka zavlažené půdy (m)

(Váška a kol. 2000).

Druhým typem zvláštní závlahy je **ozdravovací závlaha** neboli také dezinfekční závlaha. Touto závlahou se ničí živočišní škůdci, ale také plevelové porosty na polích. V zimním nebo jarním období se pole zaplaví vodou a tím se zničí škůdci, které by bránili správnému vývoji pěstovaných rostlin. Postřik při této závlaze musí být jemný, rovnoměrný a musí být přesně určené dávky. Před aplikací ozdravovací závlahy musí být rostliny zavlhčené čistou vodou. Velikost dávky se stanovuje přímo při konkrétním případě a konkrétní rostlině (Váška a kol. 2000).

Třetím typem zvláštní závlahy je **ochranná protimrazová závlaha**. Tato závlaha se využívá v období, kdy kvetou stromy, vinná réva, rané brambory.... a teploty se mohou dostat pod 0 °C a tím rostliny poškodit. Rostliny se zavlažují jemným postřikem, a to až při teplotě – 6 °C a dávkou 2 mm/h. Na rostlinách se vytvoří ledová

pokrývka, která rostlinám předává skupenské teplo a tím je ochrání před zmrznutím. Závlaha probíhá celou noc, kdy jsou teploty pod nulou a trvá až do ranního oteplení (Jůva a kol. 1964). Protimrazovou závlahu lze vypočítat podle vzorce:

$$i = \frac{115 \cdot h \cdot v \cdot (t - 2)}{k \cdot (80 + t_v)} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) \quad (5)$$

Kde:

i – závlahová dávka ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

h – výška rostlin (m)

v – rychlost větru ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

t – přízemní teplota

t_v – teplota závlahové vody ($^{\circ}\text{C}$)

k – součinitel zachytne plochy nadzemních částí rostlin

(Váška a kol. 2000).

Čtvrtým typem je **promývací závlaha**. Tato závlaha se využívá pro odstranění přebytku solí z půdy. Nadbytek soli z půdy se vyplavuje. Velikost závlahové dávky se vypočítá z konkrétních podmínek, které jsou na určitém území. Dělají se chemické rozbory půd a rozbory závlahové vody (Jůva a kol. 1964).

Pátou zvláštní závlahou je **klimatizační závlaha**. Tato závlaha je závislá na klimatických podmínkách dané oblasti. Závlaha se dává takovým způsobem, že s rostoucí teplotou klesá doba závlahy, ale zvyšuje se četnost závlahy. Závlahovou dávku lze vypočítat podle vzorce:

$$M_{dkl} = K \cdot T_{kl,i} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (6)$$

Kde:

M_{dkl} – závlahová dávka ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$)

K – kapacita závlahového zařízení ($\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)

$T_{kl,i}$ – doba provozu jedné závlahové dávky (h)

(Váška a kol. 2000).

4.2 Dělení dle technického uspořádání

4.2.1 Závlaha postříkem

Závlaha postříkem zavlažuje půdu takovým způsobem, že se voda rozstříkuje na půdu, která má být zavlažována jako jemný déšť a ten se pak vsakuje do půdy. Jedná se o jeden z nejlepších způsobů závlahy a to proto, že můžeme přesně regulovat dodávku vody a tím můžeme i hospodařit s vodou. Množství a intenzita závlahové dávky je navrhována tak, aby nedocházelo k povrchovým ztrátám vody, a to povrchovým odtokem, průsakem nebo výparem. Závlahová dávka musí být tedy navrhována tak, aby konkrétní půdní druh byl schopen pojmout navrženou dávku vody. Aby byl postřík na zavlažované ploše rovnoměrný, je důležitých několik činitelů. Nejdůležitějšími činiteli jsou rozmístění postřikovačů na zavlažované ploše, mechanismy, které vodu rozstříkují. Dalšími důležitými činiteli jsou také vítr, sklon území a další.

Další výhodou závlahy postříkem je, že nepřekáží technice při obdělávání pozemků, nepoškozuje strukturu půdy a nezpůsobuje erozi ani na pozemcích o větších sklonech. Není potřeba ve velkém rozsahu ani povrchově upravovat pole ani odvodňovat. Zavlažování postříkem je doporučováno pro všechny polní plodiny i zvláštní plodiny jako jsou ovocné stromy, chmel a další. Je vhodná také jako hnojivou závlahu nejen pro doplňkovou.

Nevýhodou této závlahy je vysoká pořizovací cena, ale také vyšší náklady na provoz, co se týče energie. Technické uspořádání při závlaze postříkem můžeme rozlišit na odběrná a čerpací zařízení dále rozvod vody v území a postřikovače. Na zavlažovanou půdu je voda přiváděna buď potrubím (vysokotlakým, středotlakým, nízkotlakým) nebo zavlažovacím kanálem. Na zavlažovaném pozemku je voda rozváděna tlakovým potrubím. Potrubí je možno přemísťovat dle potřeby.

Ztráty vody při této závlaze jsou způsobeny především netěsností rozváděcího potrubí, výparem vody při rozstříku nebo přestříkáním hranic zavlažovaného pozemku (Jůva 1959).

4.2.2 Závlaha přeronomem

Při závlaze přeronomem se voda přivádí na plochu, která je mírně skloněná a urovnaná. Voda navlažuje půdu, tak že na zavlažované ploše je souvislá vrstva vody a ta se vsakuje do půdy. Vhodná vrstva vody pro závlahu přeronomem je 2 až 5 cm. Nejvhodnější sklon je 1 až 3 %, déle musí být dobře urovnaná. Pokud je plocha dobře urovnaná je možný sklon i 0,5 %. Maximální sklon by neměl překročit 10 %, aby zde nevznikala eroze.

Přítok, který je potřeba na plochu zavlažovanou přeronomem je závislý na délce toku vody, která přerouje, na sklonu daného území, na druhu půdního profilu, a hlavně na filtrační schopnosti dané půdy a na různých podmínkách, ve kterých se zavlažovaná plocha nachází. „Zjednodušeně lze řešit přítok závlahové vody náhradou neustálého pohybu přeronomové vody po dospění jejího čela k dolnímu konci zavlažované plochy ustáleným pohybem.“ (Holý a kol. 1976).

Rychlost vody v_x v takovémto případě je ve vzdálenosti x od začátku plochy, která je zavlažována a lze jí vyjádřit podle vzorce:

$$v_x = c * \sqrt{RI} \doteq c * \sqrt{y * I} \quad (\text{m*s}^{-1}) \quad (7)$$

Kde:

v_x - rychlost vody (m*s^{-1})

R – hydraulický poloměr (m) – jelikož je malá výška přeroující vody, tak platí že $R \doteq y$

I – sklon hladiny

y – výška přeroující vody (m)

c – součinitel rychlosti

(Holý a kol. 1976).

Asi nejjednodušším řešením pro závlahu přeronomem je vzdouvání vody v kanálu, který přivádí vodu na zavlažovanou plochu. Voda, která se přelije přes upravenou hrázku, stéká po skloněném území a zasakuje se do půdy. Vzdouvání vody se může provádět stavidly a následně se může zvolit jeden z následujících způsobů. Buď se může voda z přivodního kanálu vypouštět potrubím o průměru 0,1 až 0,3m, násoskami nebo betonovými žlaby.

Tato závlaha se používá pouze při závlaze pastvin a luk, jelikož pro závlahu plodin, které rostou na poli není vhodná. Tekoucí voda by mohla porušovat strukturu půdy a na ploše, která je zavlažovaná se může tvořit škraloup (Holý a kol. 1976).

4.2.3 Závlaha brázdovým podmokem

Při této závlaze se voda přivádí k zavlažované půdě závlahovými kanály nebo je možné ji přivádět i potrubím (beztakovým nebo nízkotlakým). Voda je po zavlažované ploše rozváděna dočasnou závlahovou sítí, která je tvořena dočasnými náhony, doplněné přívodními kanály a brázdami. Brázdy, kterými je voda přiváděna jsou vyorané mezi řádky plodin. Voda se vsakuje do půdy a tím zavlažuje kořenovou zónu plodin. Tato závlaha je nejrozšířenější závlahou ve světě, většinou však v rozvojových zemích, kde je nedostatek strojírenské výroby a dostatek pracovních sil.

Půdy, které je vhodné zavlažovat Brázdovým podmokem jsou takové, které mají vhodnou infiltrační schopnost, která nesmí být ani příliš vysoká, ani příliš malá. Při velké infiltrační schopnosti by mohl docházet k velkým ztrátám vody průsakem, a naopak při malé infiltrační schopnosti by mohlo docházet k „zabahnování“ půdy. Tyto závlahy je vhodné používat na ploše, která má sklon od 0,2 do 3 %. Pokud má území jiný, než požadovaný sklon je nutné ho urovnat, aby voda mohla protékat brázdami gravitačně. Množství vody, které je nutné přivést pro dostatečné zavlažení půdy lze určit ze vzorce:

$$Q = p * q_b \quad (\text{m}^3\text{s}^{-1}) \quad (8)$$

Kde:

Q – množství vody odebrané ze závlahové sítě (m^3s^{-1})

p – počet brázd

q_p – velikost přítoku vody do jedné brázdy

(Holý a kol. 1976).

Výhody brázdového podmoku jsou: závlaha vysokými dávkami, poměrná rovnoměrnost závlahové vody, zavlažování v libovolném období vegetace, úspora energie... nevýhody brázdového podmoku jsou: velká potřeba vody, kdy jsou na zavlažované půdě propustnější půdy, často nutno nákladné urovnání povrchu půdy.

V zemích, kde ubývá pracovních sil v zemědělství, byl brázdivý podmok nahrazen přenosným potrubím z plastických nebo kovových materiálů. Potrubí je navrženo tak, že výtokové otvory jsou zavedeny přímo do kořenové zóny plodin. (Holý a kol. 1976).

4.2.4 Závlaha drenáží

Závlaha drenáží patří k podpovrchovým závlahám. Tato závlaha vznikla proto, aby voda byla přiváděna přímo ke kořenům plodin bez porušení povrchu půdy. Výhodou této závlahy je, že závlaha neporušuje strukturu půdy a netvoří se škraloup. Dále klesají ztráty vody výparem. Zavlažování je možné kdykoliv i v období, kdy na pozemku probíhají zemědělské práce. Tuto závlahu je také možné kombinovat s odvodněním pozemku. Velkou výhodou této závlahy je, že se dá plně automatizovat a tím je snižuje potřeba pracovních sil. Voda potřebná pro zavlažování se přivádí buď kanálem nebo potrubím. Voda v síti kanálů nebo potrubí musí být snadno ovladatelná, aby se mohlo přivádět pouze potřebné množství závlah ke kořenům rostlin. Kořeny rostlin musí být tedy pouze v oblasti, kde podzemní voda vzlíná. Podzemní voda musí být pořád pod kořenovou vrstvou rostlin a ve vegetačním období nesmí příliš kolísat. Rozchody kanálů jsou od 50–100 m, podle typu půdy, kde je drenáž uložena a podle původní výšky hladiny podzemní vody (Jůva 1959).

Voda se při této závlaze pohybuje pod povrchem, a to buď v nasyceném nebo nenasyceném prostředí. Pokud voda protká nenasyceným prostředím neboli pod hladinou podzemní vody, tak se voda pohybuje rychlostí, která je dána Darcyho zákonem a lze ji vyjádřit vzorcem:

$$v = k * I \quad (\text{m*s}^{-1}) \quad (9)$$

Kde:

v – filtrační rychlost vody (m*s^{-1})

k – hydraulická vodivost (m*s^{-1})

I – sklon

Pokud voda protéká nenasyceným prostředím neboli nad hladinou podzemní vody lze pohyb vody vyjádřit vzorcem:

$$v_z = -k_k * grad\Psi \quad (m*s^{-1}) \quad (10)$$

Kde:

v_z – kapilární rychlost ($m*s^{-1}$)

k_k – kapilární vodivost ($m*s^{-1}$)

$grad \Psi$ – celkový potenciál půdní vody

(Holý a kol. 1976).

Nejstarším způsobem drenážní závlahy je tzv. Petersonova závlaha. Při této závlaze se voda, která je zachycená drenáží zdýmá ventily na povrch. Půda je potom zavlažována povrchově. Další drenážní závlahou je drenážní podmok. Je založen na zdýmaní vody z drénů pod povrch, kde se nachází kořenová zóna.

Voda na závlahu je opět přiváděna otevřeným kanálem nebo také sítí drenáží. Dále je důležité, aby podzemní voda byla stále v oblasti kořenové vrstvy a v období vegetace příliš neklesala. Rozchody drenáží na zavlažovaném území jsou v rozmezí od 50 do 100 m, a to podle typu půdních podmínek. Hloubka drenážního systému se pohybuje od 0,60 do 0,90 m, hloubka je opět závislá na půdních podmínkách, ale také na výšce hladiny podzemní vody (Holý a kol. 1976).

4.2.5 Závlaha výtopou

Při této závlaze se půda zavlažuje tím způsobem, že se zaplaví vodou ve vrstvě 15 až 30 cm. Zaplavení může být buď přirozené, to vzniká při velkých vodách při vodních tocích nebo také umělé. Umělá výtopa je přiváděna do vytvořených zdrží podle potřeby zavlažovaných plodin. Závlaha může probíhat nepřerušovaně nebo přerušovaně. Při závlaze výtopou dochází k rozrušení půdní struktury. Proto že tato závlaha používá převážně mimo vegetačním období. Výjimkou je ovšem závlaha rýže, kde je výtopa přiváděna ve vegetačním období. Tuto závlahu lze také použít při likvidaci odpadních vod z pozemků. Při závlaze výtopou, která probíhá přirozenými záplavami se voda, která vyteče z koryta, nechá volně protékat zavlažovaným územím. Tato voda je bohatá na hnojivé látky. Při umělé výtopě se území musí rozdělit

hrázkami a vytvořit výtopové zdrže. Voda se ve zdržích na nějaký čas zadrží a poté se vypouští zpět do toku nebo do závlahového kanálu. Voda se vypouští buď přelivy nebo výpustěmi. Doba zadržení musí být taková, aby nenastalo k poškození kultur pěstovaných na území (Holý a kol. 1976). Výpočet přítoku vody, která přitéká do výtopových zdrží se vyjadřuje následujícím vzorcem:

$$q_z = 10\,000 * \left(\frac{h_s}{t_1} + w_s + \varepsilon \right) \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}) \quad (11)$$

Kde:

q_z – přítok vody ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1}$)

h_s – střední výška vody ve zdrži (m)

w_s – střední množství vody vsáknuté do půdy ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

ε – množství vypařené vody ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

t_1 – doba plnění zdrže

Pokud je zdrž naplněna, tak je přítok omezen pouze na to, aby se kryly ztráty vody, které vznikají vsakem a výparem.

Nejstarším způsobem závlah výtopou jsou výtopy přirozenými záplavami. Závlahová voda je vyběžena z toku a nechá se jím zaplavovat zájmové území. Rychlost průtoku při tomto typu závlahy se pohybuje okolo $0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Při zavlažování výtopou se zavlažované území rozdělí hrázkami na výtopové zdrže. Výtopové zdrže se napustí vodou do výšky přibližně 0,1 až 0,25 m. Velikost zdrží je určena typem místních poměrů a plodinami, které jsou na zavlažovaném území pěstovány (Holý a kol. 1976).

5. Vláhová potřeba rostlin

Pro vývoj a existenci rostlin je nezbytná voda. Přítomnost vody v půdě zařizuje transport živin z půdy do těla rostlin a tím zabezpečuje fáze růstu.

Vláhová potřeba rostlin je důležitá pro návrh zařízení a jejich provoz. Vláhová potřeba je množství vody, které rostlina potřebuje pro svůj vývoj ve vegetačním období a k fyziologickým pochodům v určitých klimatických podmínkách. Rostlina musí mít zajištěné všechny růstové faktory. Vláhovou potřebu dělíme na transpirační a evapotranspirační (Kulhavý a Kulhavý 2008).

5.1 Transpirační vláhová potřeba

Vláhová potřeba rostlin je určena množstvím vody, které rostlina spotřebuje při transpiraci. Nazývá se jako vláhová potřeba transpirační. Vláhová potřeba transpirační se zjistí jako množství vody, které je spotřebované transpirací, a to pro vytvoření vláhové jednotky sušiny. Sušina je rostlina, která je vysušena při 105°C. Jelikož jednotlivé rostliny potřebují odlišné podmínky pro růst, tak se transpirační součinitel obvykle udává ve velkém rozmezí (Jůva a kol 1964).

Pokud známe hodnotu transpiračního součinitele, pak se může určit vláhová transpirační potřeba rostlin podle vzorce:

$$V_r = 100k_{tr} * U_s (kg * ha^{-1}) = 0,1k_{tr} * U_s (m^3 * ha^{-1}) \quad (12)$$

Kde:

V_r – transpirační vláhová potřeba rostlin ($kg \cdot ha^{-1}$, $m^3 \cdot ha^{-1}$)

k_{tr} – transpirační součinitel plodiny (kg^{-1})

U_s – výnos, vyjádřený v sušině ($kg \cdot ha^{-1}$)

U_s se může vyjádřit pomocí vzorce:

$$U_s = \rho * U_p (kg \cdot ha^{-1}) \quad (13)$$

Kde:

ρ – převodní součinitel pro sklizeň

U_p – výnos plodiny (váha tržních produktů) ($kg \cdot ha^{-1}$)

(Kulhavý a Kulhavý 2008).

5.2 Evapotranspirační vláhová potřeba

Evapotranspirace je celkový výpar z půdy a z rostlin. Rozlišují se tři druhy evapotranspirace, a to evapotranspirace aktuální neboli skutečná, jedná se o skutečnou evapotranspiraci, kde se voda vypařuje z půdy a z rostlin ve skutečných přírodních podmínkách. Dále je to evapotranspirace potencionální, jedná se o evapotranspiraci, kdy se bere v úvahu optimální zásobení rostlin vodou a jedná se o celkové množství vody, které se při této situaci vypaří z půdy a rostlin. Třetím typem evapotranspirace

je evapotranspirace referenční. Jedná se o modelovou evapotranspiraci, která se stanovuje za ideálních přírodních podmínek (hypotetický povrch podobný travnímu porostu, optimální zásobování srážkovou vodou, ...).

Rostlina při svém vývoji čerpá vodu z půdy. Ve vegetačním období ztrácí rostlina vodu nejen transpirací z rostlin, ale také evaporací přímo z půdy. Kapacita závlahových zařízení se tedy počítá i s ohledem na vláhovou potřebu vody, která je spotřebovaná jak při transpiraci, tak i při evaporaci. Nazýváme ji tedy jako vláhovou potřebu evapotranspirační. Evapotranspirační vláhovou potřebu je náročné stanovit, protože evaporace je závislá na území, kde se konkrétní půda nachází a v jakém období je uvažována. V praxi se tato vláhová potřeba stanovuje více způsoby (Kulhavý a Kulhavý 2008).

6. Klimatické poměry

V klimatických poměrech se posuzuje více faktorů, které ovlivňují růst rostlin. Řeší se zde výpar, ovzdušné srážky, poměry větru, teplota... Řeší se zde také faktory jako nadmořská výška, zeměpisná poloha atd. Údaje o klimatických podmínkách se pozorují za určitá období jako např. za rok, vegetační období, měsíční údaje nebo mnohaleté období. Podklady pro tyto informace se získávají přímým pozorováním, které se provádí po delší dobu. Nejmenší pozorované období je 10 let, lepší je však delší pozorování jako např. 20 let a více.

Výsledky zkoumání oblasti jsou využívány pro návrhy závlahových zařízení. Zeměpisná poloha oblasti je v této situaci pouze hrubým ukazatelem pro zjištění potřeby závlah. Nadmořská výška slouží k orientačnímu určení úhrnu srážek, teplotního charakteru apod. 20 - ti a víceleté zkoumání teploty určuje, v jakém podnebí se oblast nachází, poté se také z časového průběhu teploty určuje výpar, na kterém je závislí vláhový režim rostlin, vlhkost půdy apod. Vítr se zkoumá z důvodu určení trvání, teplota, směr, vlhkostní stav (Jůva, 1959).

Dalšími hlavními ukazateli jsou vlhkostní poměry, srážky a výpar. Vlhkost ovzduší neboli množství vodní páry, které je obsažené ve vzduchu je nutné znát časový průběh a velikost sytostního doplnku. Sytostní doplněk je důležitým faktorem pro výpar. Výpar nastává, jakmile vzduch není nasycen vodní párou a přichází do styku

s vodou (na volné hladině, povrchu půdy a na porostu). Hodnoty výparu je nutné znát, jelikož je to jedna z hlavních složek vláhové potřeby rostlin. Výpar také probíhá z volné hladiny nádrží a kanálů a z půdy, proto je nutné ho do úvahy zahrnout (Jůva, 1959).

Výskyt srážek je pro výpočet závlahy velmi důležitý. Podle výskytu srážek posuzujeme, kdy se vyskytují suchá léta, měsíce a vegetační období. Podle tohoto zkoumání se nastavuje množství potřebných závlahových dávek, určuje se časové rozložení závlahy aj. U srážek se zkoumá četnost výskytu charakteristických srážek a povaha srážek (intenzita a trvání).

Všechny tyto údaje, které jsou potřebné pro výpočet závlahových dávek, se zapisují do přehledných grafů v různých časových úsecích. Podle těchto grafů se pak zjišťují různé výkyvy apod. (Jůva, 1959).

6.1 Režim atmosférických srážek

Atmosférické srážky jsou jeden z nevýznamnějších činitelů pro tvorbu rázu krajiny. Pro stanovení správné závlahové dávky je nutné určit plošný rozsah srážek, intenzitu i celkový časový průběh srážek.

Srážky jsou charakteristické hlavně tím, že jsou časově a místně proměnlivé. Srážky pro dané území se můžou vypočítat z následujícího vzorce:

$$S_s = S_m + \frac{v_r * G_s}{100} \quad (\text{mm}) \quad (14)$$

Kde:

S_s – úhrn srážek pro konkrétní území (mm)

S_m – úhrn srážek pro meteorologickou stanici (mm)

v_r – výškový rozdíl mezi meteorologickou stanicí a územím (m)

G_s – srážkový gradient (mm)

(Kulhavý a Kulhavý 2008).

6.2 Teplotní poměry

Teplotní poměry mohou být ovlivněny nadmořskou výškou zájmového území – čím je území výše, tím je teplota nižší a naopak. Dále jsou ovlivněny tvarem reliéfu, který ovlivňuje termické proudění – údolí zvyšují amplitudy o 1 až 6 ° C, a naopak na území nacházející se na kopci, jsou amplitudy malé. Další charakteristikou, která ovlivňuje teplotní poměry, je orientace území ke světovým stranám – území, které je orientované na jih je vystaveno většímu slunečnímu záření než území, které je orientované na sever. Dalšími poměry ovlivňující teplotní poměry jsou hydropedologické poměry – různé typy půd mají různé vlastnosti, a hlavně propustnost půdy (Kulhavý a Kulhavý 2008).

6.3 Vlhkostní poměry

Vlhkostní poměry jsou vodní páry, které se nacházejí ve vzduchu. V praxi se rozeznává absolutní a relativní vlhkost. Absolutní vlhkost vzduchu můžeme vyjádřit jako hmotnost vodní páry, která je obsažena v objemu vzduchu nebo můžeme absolutní vlhkost vzduchu vyjádřit pomocí vzorce:

$$V_a = \frac{0,00079 * e}{1 + \gamma * t} \quad (\text{kg} * \text{m}^{-3}) \quad (15)$$

Kde:

V_a – absolutní vlhkost vzduchu ($\text{kg} * \text{m}^{-3}$)

e – tlak vodní páry (mm)

γ – konstanta (1/273)

t – teplota ovzduší ° C

(Kulhavý a Kulhavý 2008).

6.4 Výpar

Výpar z vody, půdy, ovzduší a vodní plochy je činitel, který ovlivňuje optimální parametry. Velikost výparu je závislá na síle větru, teplotě ovzduší a vlhkosti ovzduší (Kulhavý a Kulhavý 2008).

6.5 Výskyty sucha

Sucho je způsobeno malým množstvím srážek nebo jejich nestejným rozložením. Rozdělení srážek je dáno pohybem atmosféry, které je způsobeno nestejným oteplením různých částí planety slunečním zářením. Sluneční záření, které dopadá na zemský povrch, závisí na geografické šířce. Nejvíce slunečního záření dopadá do oblasti podél rovníku. Mezi rovníkem a póly je tedy velký teplotní rozdíl.

Rozdílné teploty na naší planetě způsobuje také rotace Země. Následkem rotace vznikají vzdušné proudy v atmosféře. Tam kde dochází k vzestupnému pohybu proudů, tak tam se tvoří srážky. Naopak tam kde dochází k poklesu, tak je nedostatek srážek. Z hlediska světových vláhových potřeb jsou významné monzuny, které vznikají v oblastech nacházejících se poblíž rovníku. Na vznik sucha mají vliv také kontrasty mezi teplotami nad pevninou a mořem, kde je důležitá převážně teplota mořských proudů, která je spjatá s cirkulací v atmosféře. (Jůva, 1959).

7. Rýže

Rýže je plodina, kterou se živí více jak polovina obyvatel zeměkoule. Jedná se o kulturní travu. Tato plodina vznikla s největší pravděpodobností z planého druhu, který rostl na březích řek nebo v bažinách na jihovýchodě Asie (Šašková, Štolfa, 1993).

7.1 Historie rýže

Rýže má svou historii již v době kamenné, ovšem přesnou dobu počátku vývoje rýže určit nelze. Už od dávné historie je rýže nejdůležitější plodinou, jelikož se stala obživou pro lidstvo více než jakékoliv jiné plodiny. Nejprve se pěstovala v Číně, kde první zmínky přicházejí už v roce 10 000 před naším letopočtem. Rozsáhlý důkaz o pěstování rýže byl nalezen v jeskyni duchů, která se nachází v Thajsku. Další velký důkaz o rýži byl nalezen na řece Chuaj-che a na řece Jang-c'-táng, byly zde nalezeny nástroje, které se používaly při pěstování a obdělávání rýže. Z Číny se rýže rozšířila na západ do Persie a Arábie. Nakonec se pěstování rýže dostalo i do Evropy, a to na Sicílii, kam ji přivlekli Arabové, do Španělska, kam ji přivedli Maurové a Turci ji zavlekli na Balkán. Do Afriky byla rýže také zavlečena, a to též Araby, kteří ji zavlekli

nejprve do Egypta. Do severní Ameriky se rýže dostala až v 17. století. V jižní Americe se rýže začala pěstovat až v 19. století.

Dnes se rýže nejvíce pěstuje na jihovýchodě Asie, v Indonésii, Thajsku, Japonsku, Brazílii a ve Spojených státech Amerických. Také v Evropě se v dnešní době rýže pěstuje, největšími pěstiteli jsou Španělsko a Itálie (Zwinger, 2012).

7.2 Typy a druhy rýže

Rýže se rozděluje na dva typy: horský typ a bažinatý typ. Toto rozdělení je podle nároků na zavlažování. Horská rýže je pěstována na terasovitých polích. Tento typ rýže se může pěstovat až do nadmořské výšky 2 700 m. n. m. a políčka se nezaplavují. Tento typ rýže však potřebuje ke svému růstu velké množství srážek. Pěstování je méně náročné na pracovní síly, jelikož má tato rýže drobné obilky, a tudíž i malé výnosy. Druhý typ rýže se pěstuje v nížinách, v deltách řek, kde je vysoká teplota vody, na bažinatých pozemcích a na místech, kde je vysoká teplota vzduchu a velká intenzita slunečního záření. Bažinatá rýže tedy potřebuje zavodňování polí a také více manuální práce (IRRI, 2012).

Další rozdělení rýže je například na rýži velkozrnnou (obilky delší než 7 mm) a na rýži drobnozrnnou (obilky kratší než 5 mm) nebo ji také můžeme dělit na rýži moučnatou a sklovitou.

Rýže je asi nejdůležitější tropickou rostlinou, která zajišťuje potravu pro mnoho miliónů lidí na naší planetě (Šašková, Štolfa, 1993).

7.3 Podmínky pro pěstování rýže

Rýže je rostlina, která má ráda teplo a je velmi náročná na vodu. Pro zavlažování rýže se využívá hlavně prohřátá voda z potoků nebo z kanálů. Na poli se výška hladiny udržuje od 10 do 15 cm podle stádia a růstu rostlin. Od vegetačního období květu až do doby sklizně se hladina vody na poli postupně snižuje, tak aby při sklizni bylo pole suché a bylo možné pro sklizeň rýže využít i techniku. Rýže je také náročnou rostlinou, co se týče typu půdy, nejvíce jí vyhovují těžší půdy naplavené nebo hlinitojílovité. Půda musí být bohatá na živiny.

Tato rostlina se může vysévat dvěma způsoby. Buď se jedná o přímý výsev, který se používá spíše v subtropických oblastech nebo se vysazují předpěstované sazenice. Sazenice se vysazují do zavodněného rýžového pole. Velkou výhodou druhého typu výsevu je nižší spotřeba vysazené rýže, porost rýže je vyrovnanější a rýže má při sklizni vyšší výnosy. Během vegetačního období rýže je nutné udržet a regulovat hladinu vody na polích, hnojit rýži a odstraňovat plevel. Rýže se sklízí až, když je žlutá, když dosáhne tzv. žluté zralosti. Způsobů sklizení rýže je velká spousta, závisí na tom, kde se rýže pěstuje a za jakých podmínek je sklizena (Šašková, Štolfa, 1993).

Jako každá rostlina, tak i rýže má svého škůdce. Asi nejnebezpečnějším škůdcem je pilous rýžový a lesák skladištní, kteří byli dovozem rýže zavlečeni i do Evropy. Dalším škůdcem, který nebyl ještě do Evropy zavlečen, ale občas je dovezen společně s rýží z tropických zemí je *Trogoderma granarium*. Jako každý škůdce, tak i „rýžový“ škůdci mají své postřiky a prostředky na hubení (Šašková, Štolfa, 1993).

8. Závlaha rýže

Rýže potřebuje ve svém vegetačním období teplo a hodně vody. Vyžaduje průměrné denní teploty od 20 °C do 32°C. Velké množství vody, které rýže potřebuje ke svému růstu, musí být dodáváno závlahou. K zavlažování rýže se používá buď přerušovaná výtopy nebo nepřerušovaná výtopy. Druh výtopy se volí podle dostupnosti dostatečného množství vody. Rýže totiž musí být celé své vegetační období od výsevu, až do doby, kdy je rýže připravena ke sklizení. Těsně před sklizní se pole musí nechat vyschnout, aby bylo možné rýži bez problémů sklízet. Po výsevu se rýže zavlaží, a to postupným zvyšováním hladiny, a to až na 10–15 cm. Výška hladiny vody nesmí přesáhnout 2/3 výšky rostliny. Hladina 10-15 cm se udržuje až do mléčné zralosti zrna rýže. Poté se hladina sníží až úplně na nulu a pole se připraví ke sklizni rýže, poté rýže dosáhne voskové tedy „úplné“ zralosti a začne se sklízet. Pole se odvodní a zpět je zavlažováno až se opět vyseje další rýže. Aby bylo možné rýži na půdě pěstovat musí mít půdy pH mírně kyselé, od 4,0 do 5,7 a nepropustnou vrstvu o mocnosti 50 cm pod ornou půdou nebo v hloubce 150 cm, také je možné mít nepohyblivou hladinu podzemní vody v hloubce 50–150 cm (Holý a kol. 1976).

8.1 Technické řešení zavlažování rýže

Technicky by měla být rýžová pole řešena tak, že území by nemělo být se sklonem vyšší než 1-1,5‰. Když je sklon vyšší zakládají se terasovitá pole. Velikostně se pole pohybují v rozmezí mezi 0,2-1 ha. Hloubka vody ve zdržích se průměrně pohybuje od 0,10-0,15m. Hrázky, které se nacházejí mezi zdržemi musí být nízké a musí se přes ně dát přejíždět. Voda pro závlahu je přiváděna hlavním závlahovým kanálem. Hlavní kanál musí být umístěn tak, aby voda byla do vedlejších kanálů přiváděna gravitačně. Je tedy umístěn na nejvyšší místo na rýžových polích. Do jednotlivých zdrží rýžového pole je voda přiváděna vedlejšími závlahovými kanály. Tyto kanály přivádějí vodu do výtopových zdrží a jsou umístěny v rohu zdrže, jelikož odsud jde nejlépe ovládat napouštění vody. Vedlejší kanály jsou situovány tak, aby byly kolmo ke směru toku vody. Když je pozemek uspořádaný terasovitě, tak se naplňuje nejdříve nejvyšší terasa a postupně se zdrže plní až dolů k terase, která je nejnižší. Průtočnou kapacitu pro závlahu rýže můžeme vypočítat z následujících vzorců:

Výpočet maximálního průtoku v zavlažovacím kanálu:

$$Q = \frac{F \cdot M_d}{86,4\tau} + \frac{\tau-1}{\tau} * F * q' \quad (10^{-3} * m^3 * s^{-1}) \quad (16)$$

Kde:

Q – maximální průtok ($10^{-3} * m^3 * s^{-1}$)

F – plocha zdrží (ha)

τ – doba výtopy zdrže (d)

t – doba výtopy všech zdrží (d)

q' – $1,15\sigma$ ($10^{-3} * m^3 * s^{-1} * ha^{-1}$) – σ je ztráta vody výparem, průsakem a transpirací

M_d – závlahová dávka

(Holý a kol. 1976).

Závlahová dávka se vypočte ze vzorce:

$$M_d = 100 * (h + \sigma t) \quad (m^3 * ha^{-1}) \quad (17)$$

Kde:

M_d – závlahová dávka

h – výška hladiny vody ve zdrži (m)

σ – ztráta vody výparem, průsakem a transpirací ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

t – doba výtopy všech zdrží (d)

Dále se musí spočítat průtok vody v závlahovém kanále v době, kdy je ve zdrži udržována stálá hladina vody. Množství vody, které je potřebné k udržení stálé hladiny se vypočítá se vzorce:

$$Q = F * q' \quad (10^{-3} * \text{m}^3 * \text{ha}^{-1}) \quad (18)$$

Kde:

Q – průtok vody ($10^{-3} * \text{m}^3 * \text{ha}^{-1}$)

q' - průtok vody, který je potřebný k udržení stálé hladiny vody ve zdrži

F – plocha zdrží (ha)

(Holý a kol. 1976).

Závlahové náhony musí mít podélný sklon v rozmezí od 0,25 až 2 ‰, kde se průměrná rychlost vody pohybuje okolo $0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Pokud je sklon území větší než 5 ‰, se musí podélný sklon odstupňovat.

Ke ztrátám dochází při zavlažování rýže převážně vsakováním do půdy. Postupným vsakováním vody do půdy se postupně však snižuje. Celkové ztráty při převody vody so výtopové zdrže se pohybuje v rozmezí 4 až $10 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$. Ztrátu vody po dobu závlahy lze vypočítat ze vzorce:

$$\Delta W_1 = 100 * t * \varepsilon \quad (\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}) \quad (19)$$

Kde:

ΔW – ztráta vody ($\text{mm} \cdot \text{d}^{-1}$)

t – doba výtopy všech zdrží (d)

Hlavní ztrátovou položkou jsou ztráty průsakem a podzemním odtokem, která lze vypočítat ze vzorce:

$$\Delta W_2 = 86,4 * t * \sigma \quad (\text{mm} * \text{d}^{-1}) \quad (20)$$

$$\sigma = kl$$

Kde:

ΔW – ztráta vody ($\text{mm} * \text{d}^{-1}$)

k – součinitel hydraulické vodivosti zeminy ($\text{mm} * \text{d}^{-1}$)

l – sklon hladiny

t – doba výtopy všech zdrží (d)

σ – ztráta vody výparem, průsakem a transpirací

Každý den se ve zdrži vymění asi $\frac{1}{4}$ závlahové vody. Proto, aby se udržel trvalý průtok a pokryl výměnu vody, tak se musí vzít v úvahu, že na udržování průtoku připadá asi 10 až 30 % z průtoku. Toto můžeme vypočítat podle vzorce:

$$\Delta W_3 = 86,4t\delta \quad (\text{mm} * \text{d}^{-1}) \quad (21)$$

Kde:

ΔW – ztráta vody ($\text{mm} * \text{d}^{-1}$)

t – doba výtopy všech zdrží (d)

δ – krytí spotřeby

Dále se musí brát v úvahu ztráty, které jsou způsobeny průsakem skrz hrázkami. Z celkového přítoku vody tyto ztráty činí 10 až 20 %. Výpočet ztrát se vypočítá podle následujícího vzorce:

$$\Delta W_4 = 86,4t\omega \quad (\text{mm} * \text{d}^{-1}) \quad (22)$$

Kde:

ΔW – ztráta vody ($\text{mm} * \text{d}^{-1}$)

t – doba výtopy všech zdrží (d)

ω – průsak hrázkami

Na závěr se vypočítá celkové závlahové množství, které je potřebné pro závlahu rýže. Celková dávka pro závlahu rýže se tedy vypočítá podle následujícího vzorce:

$$M_c = nM_d + 0,1 * (\Delta W_1 + \Delta W_2 + \Delta W_3 + \Delta W_4) \quad (23)$$

Kde:

M_c – celkové závlahové množství

ΔW – ztráta vody (mm*d-1)

n – počet závlahových dávek

M_d – závlahová dávka

(Holý a kol. 1976).

9. Bali

9.1 Základní informace

Ostrov Bali (obr. 2) se nachází v jihovýchodní Asii a je jeden ze států Indonésie, jeho rozloha činí asi 5 600 km². Je to relativně malý ostrov, který má od západu k východu pouze 140 km a od severu k jihu jen 90 km. Jedná se o nejzápadnější ostrov souostroví Malé Sundry a leží mezi ostrovy Jáva a Lombok.

Bali je jeden z 13 667 tropických ostrovů v Indonésii – leží asi 7°jižně od rovníku. Počet obyvatel má okolo 4 milionů. Hlavním městem je Denpasar. Ostrov Bali vznikl sopečnou činností. Většina obyvatel na Bali jsou hinduisté, asi z 95 % a zbylých 5 % obyvatel se převážně hlásí k muslimské víře. Díky tomu, že na ostrově převažuje hinduismus a vše na ostrově a veškeré dny je sním spjato, je tento ostrov také nazýván jako „Ostrov bohů“ (bali-informace.webnode.cz).



Obr. 2 - Mapa ostrova Bali (UR-L 1)

9.2 Klimatické poměry

Ostrov Bali je v tropickém klimatickém pásmu, a proto se zde teploty příliš nemění. Průměrné roční teploty se pohybují okolo 26 °C a v noci teploty mírně klesají, ale není to nijak dramatický pokles, teploty klesají maximálně o 5 °C. Nižší teploty na ostrově jsou v horách, kde se teploty pohybují okolo 22 °C. Protože je Bali malý a hornatý ostrov, tak je počasí také ovlivněno, lokalitou. V hornatých částech ostrova například v okolí sopek se drží mraky a počasí je zde chladnější a teploty jsou okolo 20 °C, naopak na pobřeží je teplejší a jasné počasí, kde teploty dosahují až 30 °C. Nejvyšší teploty na Bali dosahují 31 °C a nejnižší teploty dosahují 23 °C. Nejteplejší částí Bali je jižní část ostrova, a naopak nejstudenější je severní část ostrova, kde se nacházejí hlavně hory. Průměrné měsíční teploty jsou v příloze č.1.

Jelikož se jedná o tropický pás, tak se zde období dělí na období sucha a období dešťů. Období sucha, které je od května do září, je nejvíce ovlivněno monzunem, který přichází od východu. V období dešťů, které je od října do dubna, jsou nejintenzivnější srážky, toto počasí je také ovlivněno monzunem, ale západním.

V tomto období je zde 85 % vlhkost vzduchu. Srážkové úhrny v období sucha se pohybují okolo 40 mm za měsíc. V období dešťů jsou srážky o něco vyšší a pohybují se až okolo 350 mm srážek za měsíc. Celkové množství srážek za celý rok se pohybuje okolo 2 000 mm. Průměrné měsíční srážky jsou v příloze č. 2.

Evapotranspirace na Bali ve vnitrozemí se pohybuje okolo 120 mm, a to jak v období sucha, tak i v období dešťů. V přímořských částech Bali a na horách se evapotranspirace pohybuje okolo 80 mm v období sucha i v období dešťů. Celkové množství evapotranspirace je asi 1 400 mm za rok ve vnitrozemí a okolo 1 000 mm za rok v přímořských oblastech. Podrobnější a přesnější informace o srážkách a evapotranspiraci jsou v praktické části ve výpočtech. Průměrná měsíční evapotranspirace je v příloze č. 3.

Větrné podmínky na Bali jsou povětšinou mírné. Vítr vane převážně od jihu až jihovýchodu s průměrnou rychlostí 19 m*s⁻¹. Z ostatních světových stran vane vítr také, ale už s menší průměrnou rychlostí. Průměrná rychlost větru z ostatních světových stran je asi 5 m*s⁻¹. Největší intenzitu má tedy vítr z jižní strany, jelikož

z této strany vane vítr od oceánu. Největřněji je v obdobích od června do října, tedy v období, kdy je na Bali období sucha (MacRae, 2011).

9.3 Pedologické poměry

Pro růst rýže je velmi důležitý také druh půdy, na kterém se pěstuje. Rýži vyhovují středně těžké hlinité nebo jílovité půdy. Na Bali jsou 3 typy půdy a pedologické podmínky pro pěstování rýže jsou zde celkem příznivé.

Půda na ostrově Bali dominuje převážně středně hrubou strukturou. A pouze velmi malé oblasti mají jemnou nebo hrubou strukturou. Na 45 % ostrova převažuje typ půdy Litosoly – jedná se o půdy s pH 5 – 5,5. Tato půda má červenou až červenohnědou barvu a jednu až střední strukturou. Propustnost této půdy je nízká. Jedná se o jílovitou půdu. Tyto půdy jsou v centrální, hornaté části Bali a kolem hlavního města Denpasaru.

Dalším půdním typem, které se nacházejí na Bali jsou Regosolové půdy. Tyto půdy se nacházejí na 40 % ostrova. Kolem sopek se nacházejí regosolové půdy sopečného popela, podél pláží se nacházejí písčité kopce a skalní regosoly. Jedná se o mělké půdy s pH 6–7. Propustnost je vysoká a je to písčité půda. Tyto půdy se nacházejí v okolí sopek a v přímořských částech Bali.

Zbýlých 5 % Bali pokrývá Aluviální půda. Je to typ černé půdy, která má velmi dobrou schopnost se snadno nasýtit, velkou propustnost způsobují póry. Tento typ půdy se nachází v okolí jezer a na západní části Bali (MacRae, 2011).

9.4 Náboženství a rýže

Rýže na Bali spojuje člověka s bohy a je jejich hlavní potravou během života, ale také se stává potravou jejich duše i po smrti. Náboženství na Bali je velkou a nedílnou součástí života místních obyvatel.

Balijci uctívají velké množství bohů. Jako bohyni zemědělství a pěstování rýže, uctívají Déví Šrí (obr. 3). Tato bohyně je jedním z nejoblíbenějších bohů na ostrově. Dokonce i figura této bohyně, která je vyrobena z rýžového klasu, je symbolem celého ostrova.

Podle legendy bohyně Deví Šrí přišla na svět jako jedna ze tří slz boha Anty, vyrostla v nádhernou dívku, která byla velmi atraktivní a přitahovala svého nevlastního otce, který se o ní od malička staral. Její otčím se jí neustále pokoušel zmocnit, a to bohy natolik rozzlobilo, že mladou dívku zabili. Z jejích ňader vyrostla potom lepkavá rýže a z jejích očí běžná rýže (Lonely Planet 2014).

Jedna z dalších legend zase objasňuje, proč roste rýže po celý rok. Během hladomoru a velkého sucha, které Bali sužovalo se prý tehdejší balijský král modlil k bohům a prosil je o déšť a na oplátku jim slíbil, že až se rýže sklídí a Balijsci se nasytí, tak obětuje svého syna. Bohové jeho modlitby vyslyšeli a král, aby nemusel obětovat svého syna, tak nařídil, že se rýže musí pěstovat nepřetržitě na všech rýžových polích (Rough Guides, 2014).

Na každém poli nebo na společenství polí se nachází chrám bohyně Deví Šrí (obr. 4). Tyto chrámy jsou určeny výhradně pro tuto bohyni, která symbolizuje prosperitu a plodnost.

Balijsci se k této bohyni pravidelně modlí a jednou do roka, vždy 210 den v balijském kalendáři pro ni uspořádají slavnost. Během této slavnosti zdobí chrámy na rýžových polích a uctívají tuto bohyni, aby jejich rýže byla stále úrodná (Lonely Planet, 2014).



Obr. 3 - Socha bohyně Deví Šrí – Rýžové pole Bali Ubud 2016



Obr. 4 - Chrám Deví Šrí na rýžovém poli - Bali - rýžové terasy Jatiluwih 2017

9.5 Zemědělství

Zemědělství bylo, je a bude jeden z hlavních sektorů na Bali a velmi významným zdrojem peněz pro místní obyvatele. V posledních letech je dalším, velmi dobře se rozvíjejícím sektorem turismus, který se stává dalším z významných zdrojů peněz pro místní obyvatele.

Nejvýznamnější plodinou, která se na Bali pěstuje, je rýže. Tato plodina je nejen zdrojem obživy pro balijský lid, ale také nedílnou součástí jejich životů. Dále se na Bali pěstují plodiny jako kukuřice, sójové boby, zelenina, velké množství druhů čili papriček a velké množství druhů ovoce jako jsou mandarinky, spousta druhů banánů, ananas, limetky, mango, duriany, dračí ovoce, melouny a spousta dalších. V horských oblastech se pěstuje také velké množství koření. Všechny tyto plodiny se stali jedním z hlavních zdrojů potravy pro místní obyvatele (Ministerstvo zemědělství Bali, 2017).

Na Bali můžeme najít spíše malá terasovitá políčka, která jsou obdělávána ručně pomocí motyk nebo malých traktůrků. Vypěstované plodiny lidé buď vyměňují mezi sebou za jiné plodiny nebo je prodávají na různých tržističích nebo podél silnic, kde si je kupují projíždějící lidé, povětšinou turisté.

Na ostrově je velice hornatý terén s velmi úrodnou půdou a z hlediska produkce potravin je Bali naprosto soběstačné. Rýžová pole pokrývají asi 20 % z celého území ostrova, 30 % pokrývají suchá pole a na 17 % procentech se pěstují jenom ekonomické plodiny, jako jsou káva, kakao, tabák, ... Přestože se na Bali pěstují plodiny všeho druhu, tak se nejvíce konzumuje rýže a pokud stoupá konzumace rýže, tak konzumace ostatních plodin klesá. Na Bali je tedy rýže tzv. statusovou plodinou (Whitten T. at All, 2000).

10. Rýže na Bali

Jak už bylo řečeno v předchozí kapitole, tak rýže je jednou z nejdůležitějších plodin, která se na Bali pěstuje, a nejen na Bali, ale i v celé Indonésii. Pro Balijsce není rýže jenom jídlo, ale je to pro ně také významná část jejich životů, je to jejich kultura a způsob jejich života.

Rýži zde můžeme najít od přímořských oblastí až do oblastí hor do výšky 2 500 m. Můžeme ji po ostrově najít v podstatě všude, jak na písčitém, tak na jílovitém povrchu s širokým rozsahem pH v půdě, stejně tak se pěstuje na neustále zaplavených polích nebo i na polích, kde je půda zaplavena pouze z část, vývoje rýže (MacRae, 2011).

Pěstuje se tu několik druhů rýže jako je bílá rýže, černá rýže a lepkavá rýže. Rýže pro správný růst a velkou úrodu potřebuje velké množství vody, která je přiváděna soustavou kanálů. Polovina rýže, která je na Bali pěstována, pochází z polí, kam je voda přiváděna zavlažovacími kanály. Třetina rýže pochází z polí, jež jsou zavlažována všemi možnými způsoby, ale nejsou k nim přivedeny kanály. Zbytek rýže je pak pěstován na suchých horských polích.

Zaplavená pole mají jednu velkou výhodu a to takovou, že když jsou pole zaplavena, tak se předchází výskytu velkého množství plevele a také díky velkému množství vody drží částičky půdy pohromadě a terasy se tak nesesunou. Další nespornou výhodou jsou zelené řasy, které se na zaplavených rýžových polích přirozeně vyskytují a hnojí tak rýži. Rýže má poté vyšší výnosy a to až 2 tuny/ha a nemusí se používat žádná umělá hnojiva. Neustálým zavlažováním jsou také pole

neustále výnosná už několik staletí a nemusí se zotavovat, tím, že by se pole muselo nechat několik let ladem (MacRae, 2011).

V dřívějších dobách používali místní zemědělci k obdělávání rýžových polí jednoduché nástroje a krávy, za které zapřahali pluh. V dnešní době jsou ještě někteří zemědělci, kteří tyto jednoduché nástroje používají, ale velké množství zemědělců začíná přecházet na modernější techniku, jako jsou traktory a různé stroje na oddělování rýže od klasů. Všichni zemědělci jsou členy sdružení, které se nazývá Subaku. Toto sdružení má na starosti zavlažovací systém rýžových polí a každý člen se musí řídit danými pravidly jako například, že si zemědělci musejí navzájem pomáhat apod. (Ministerstvo zemědělství Bali, 2017).

Balijci na rozdíl od nás mají pro rýži více názvů. Rýže, která roste na poli nazývají Padi, posekanou rýži nazývají Jijih, prosetá rýže se nazývá beras a nakonec rýže uvařená se nazývá Nasi. Většina místních pokrmů je založena na rýži, tudíž je to hlavní plodina, bez které se jídelníček neobejde.

Rýže se používá také při modlitbách a rituálech, kdy si ji lidé lepí pomocí vody mezi obočí a na spánky. Poté je rýže také nedílnou součástí obětí, což jsou drobné misky z bambusových listů, na které se dávají různé květiny, jídlo a vonné tyčinky. Obětiny se kladou na domácí oltáře a před vchody do domů, třikrát denně a slouží k odhánění zlých sil (Eiseman B. F., 1990).

10.1 Fáze pěstování rýže

10.1.1 Příprava pole

Před tím, než se na pole vůbec může něco vysázet, tak se musí zbavit veškerého plevelu a zbytků ze sklizně rýže, které by bránily růstu rýže. Plevel a zbytky se nejdříve vytrhají a shrabou. Poté se celé rýžové pole zorá. K orbě pole se používá pluh, který je tažen buvolem nebo krávou (obr. 5). Pro orbu na terasovitějších polích se používá jeden buvol nebo kráva a pro orbu na rovnějších polích se používají dva buvoli nebo dvě krávy. Po zorání pole je následně zavláčeno a připraveno do fáze, kdy se může přivést voda na rýžové pole a suchá půda se zaplavením změní v bahno (Subaku Muzeum, 2017).



Obr. 5 – Balijská kráva – Tanah Lot 2017

V této fázi na pole není přiváděna vůbec žádná voda pomocí zavlažovacího systému, pole je suché až vyschlé, aby šel plevel dobře odstranit. Když jsou z pole odstraněny všechny nečistoty a je zorané a zavláčené (obr. 6), tak se na pole přivede větší množství vody, aby byla půda zavlažená a podmínky byly vhodné pro výsadbu sazenic rýže. V této fázi se spotřebuje asi 1/3 z celkové vody, která je potřebná pro všechny fáze růstu rýže. V místech, kde jsou farmáři závislí na srážkách, musí čekat s touto fází na dobu, kdy jsou na Bali největší srážky, což je v období od listopadu do dubna (Subaku Muzeum, 2017).



Obr. 6 – Zorané rýžové pole – Jatiluwih 2017

10.1.2 Sazenice rýže

Když je pole zorané a zavodněné 1/3 celkové potřeby vody pro pěstování rýže, tak se na něj můžou vysadit sazenice rýže (obr. 7). Nejvhodnějším místem pro vypěstování sazenic je roh pole, kde se zasází sazenice. Na 1 hektar pole je potřeba vysadit asi 300 000 sazenic. Sazenice musí vyrůst do výšky 20 až 30 cm a až poté se můžou rozsazovat na plochu celého rýžového pole.

Po celou dobu, co sazenice rostou, musí být pole zavlažováno a zavodněno, aby sazenice měli vhodné podmínky pro optimální růst. Sazenice rostou asi 1 měsíc a poté jsou rozsazovány na rýžové pole (Subaku Muzeum, 2017).



Obr. 7 – Sazenice rýže – Jatiluwih 2017

10.1.3 Sázení rýže

Když jsou sazenice dostatečně vzrostlé, tak se posbírají do košů a jsou rozsazovány na rýžové pole (obr. 8). Rýže se sází do pravidelných řad a rýže je od sebe vzdálená asi 20 cm z každé strany.

V této fázi je pole zavodněné, aby zde bylo tekuté bahno, do kterého se sazenice dobře rozsázejí. Zemědělci se při sázení brodí v bahně až po kolena a sázejí rýži ručně. Není přiváděna závlahová voda, aby se sazenice rýže nevyplavily. Až

potom co se rýže zasází na celé ploše, tak se začne přivádět závlahová voda (Subaku Muzeum, 2017).



Obr. 8 - Balijský zemědělec při sázení rýže – Jatiluwih 2017

10.1.4 Růst rýže

V období růstu rýže zemědělci dělají různé jiné činnosti, které podporují růst rýže, a hlavně ji chrání před různými škůdci. Největším problémem v období růstu rýže jsou ptáci. Pokud pole není nijak chráněné před ptáky, tak všechny zrna vyklovají a rýže nestačí ani dozrát. Proto zemědělci chrání svá pole pomocí strašáků (obr. 9), které vyrábějí ze suchého listí, aby strašák šustil, a tak odehnal ptáky. Tito strašáci se nazývají Kupuakan. V dnešní moderní době vyrábějí zemědělci strašáky dokonce i z igelitových tašek. Tito strašáci sice svou funkci plní také, ale není to dobré pro jejich životní prostředí a kazí to celkový dojem z rýžových polí. Bohužel většina zemědělců přechází právě na tuto variantu, dělat strašáky z igelitových tašek.

Někteří zemědělci zastávají i starší způsob odhánění ptáků. Dělají si ze suchého listí plašičky na ptáky, celý den chodí po poli, šustí s nimi, vydávají různé zvuky, a tak je odhánějí.

Další činnosti, které na poli v období růstu dělají, jsou například: rybaření v zavlažovacích kanálech nebo sekají trávu pro dobytek v okolí rýžových polí.

V období růstu je na pole přiváděno velké množství vody, rýže musí být po celou dobu zaplavena vodou. Množství vody se postupně s rostoucí rýží snižuje.

V období růstu rýže je na rýžové pole přiváděno 2/3 vody z celkového potřebného množství pro závlahu rýže (Subaku Muzeum, 2017).



Obr. 9 – Strašák na rýžovém poli – Jatiluwih 2016

10.1.5 Sklizeň rýže

Několik dní pře sklizni rýže se rýžové pole nechá vyschnout, aby se zemědělci při sklizni nebrodili v bahně (obr. 10). Všechny rýžové klasy se posekají a poté se mlátí, aby z nich vypadala všechna rýžová zrna. Když je celé rýžové pole posekáno a rýže vymláčena, tak se zrna rýže přenášejí do stodol, kde se nechá vyschnout a poté se dává do pytlů. Rýže se přepravuje pomocí různých traktůrků a balijských „vozítek“. Někteří zemědělci přenášejí zrna rýže v koších přímo do stodoly. Ženy nosí koše s rýží na hlavě a muži mají většinou větší koš na zádech.

Prázdné klasy, které zůstanou na polích, se postupně spálí. Klasy se shromáždí na několik hromad a ty se postupně spálí.

Půda je v této fázi úplně vyschlá a není se přiváděna žádná voda. Po spálení klasů a sklizení celého pole se zorá a nechá se ležet ladem. Pole se nechá „odpočinout“

po dobu asi 14 dní, než je znovu zaplaveno vodou a znovu se připraví na první fázi růstu rýže (Subaku Muzeum, 2017).



Obr. 10 – Rýžové pole před sklizní – Tanah Lot 2017

Během celého procesu pěstování rýže probíhají různé ceremonie a modlitby, které mají zajistit to, aby rýže vyrostla a hlavně, aby jí bylo hodně.

Pro určení správného období pro začátek pěstování rýže mají Balijsci kalendář. Balijský kalendář má 6 měsíců a každý z měsíců má 35 dní. Celý rok má tak pouze 210 dní. Zvláštností je také to, že se jejich týdny skládají z jednodenních až desetidenních týdnů. Tento kalendář se nazývá Pawukon a je založen na pohybu měsíce a jeho novech a úplnicích. Jsou zde napsány vhodné a nevhodné dny pro různé činnosti. Co se týče rýže a jejího pěstování, tak jsou zde přesně popsány dny a klimatické podmínky, kdy je vhodné zasadit rýži (Subaku Muzeum, 2017).

11. Subaku Zavlažovací systém

Na Bali má zavlažovací systém dlouhou historii. Zavlažovací systém je jakýmsi dědictvím z 9. století, kdy vládl na ostrově král Udayana z dynastie Warmadewa. Tradiční zavlažovací systém se nazývá Subaku Zavlažovací systém.

Subaku je společnost ve které jsou sdruženi všichni zemědělci. Společně se starají o zavlažovací systém a o to, aby všichni měli dostatek vody pro pěstování rýže. O to, aby všichni měli dostatek vody, a aby byla voda spravedlivě rozdělena se vždy stará zvolený vedoucí, který má na starosti určitou část území.

Název Subaku vznikl z balijského slova a je to projevem podstaty hinduismu, a hlavně filosofie hinduismu Tri Hita Karana. Jedná se o filozofickou myšlenku, která přežila mezi balijskými lidmi staletí, protože místní obyvatelé dodržují tradice a předávají si je z generace na generaci.

Tri Hita Karana znamená v překladu Tři věci, které jsou zapotřebí k vytvoření štěstí a blahobytu. Těchto tří věcí se všichni snaží dosáhnout tím, že pracují společně a pomáhají si. Rozdělování vody pro závlahu rýže probíhá spravedlivě. Dokonce i načasování a výsadba rýže probíhá tak, aby to pro všechny, kdo užívají zavlažovací systém bylo výhodné, a i v době sucha měli všichni dostatek potřebné vody. Aby vše probíhalo spravedlivě, tak se lidé řídí třemi základními pravidly:

- 1) Harmonický vztah mezi člověkem a bohem (Parahyaangan)
- 2) Harmonický vztah mezi lidmi navzájem (Pawongan)
- 3) Harmonický vztah mezi člověkem, přírodou a životním prostředím. (Palemahan)

Tyto tři pravidla udávají, jak by se lidé měli chovat k bohu, k sobě navzájem a jak by se měli starat o celou přírodu a životní prostředí. Pokud tyto pravidla někdo ze členů Subaku poruší, tak samy zemědělci určí trest pro toho, kdo tyto pravidla poruší (Subaku Muzeum, 2017).

11.1 Části zavlažovacího systému

Zavlažovací systém je rozdělen na několik částí, které zajišťují to, aby se voda dostala celým tímto systémem až k rýži.

- 1) **Zásobárna vody** – jedná se o přírodní jezera nebo uměle vytvořené přehrady (Embung). Na Bali jsou většinou zásobárnou vody různé vodní chrámy nebo horská jezera.
- 2) **Hlavní zavlažovací kanál** – je napojen na hlavní zásobárnu vody, zajišťuje dostatečné množství a dostatečně vysokou hladinu vody (Dam parit).

- 3) **Hlavní budova pro distribuci vody** – kontroluje množství vody, které odtéká ze zásobárny vody (Pintu pemasukan).
- 4) **Kontrola množství vody** – kontroluje a reguluje množství vody, které přitéká na rýžová pole (Pintu saluran Pengeluaran)
- 5) **Prostor pro zachytávání sedimentů** – velký prostor, který zachytává velké nečistoty přitékající ze zásobárny vody, které by mohly poškodit klasy rýže (Bak control)
- 6) **Zavlažovací kanál** (obr. 11–13) – zavlažovacích kanálů je několik typů. Prvním hlavním typem je kanál, který přivádí vodu do blízkosti rýžových polí (Telebah aya). Druhým typem je odbočný zavlažovací kanál, který přivádí vodu přímo na rýžové pole (Telabah Tempek). Třetím typem je kanál, který je rozvětvený a přivádí vodu ke konkrétním rýžovým polím – jsou rozděleny do druhů podle toho ke kolika částem rýžových polí přivádějí vodu (pro 10 částí – Penasan, pro 5 částí – Panca a pro 1 část – Pamijan).
- 7) **Tunely** – jsou dva druhy tunelů. První z nich je tunel, který převádí závlahovou vodu pod různými kopci apod. Druhými typy tunelů jsou malé dílčí tunely, které přivádějí vodu tam, kam ji není možné přivést zavlažovacím kanálem (Aungan).



Obr. 11 – 13 – Části zavlažovacího systému – Jatiluwih 2017

Všechny tyto části zajišťují přivedení vody k rýžovému poli. Celý zavlažovací systém je spojen nejen s problematikou dodávky vody, ale také s náboženským aspektem, který je na Bali velmi silný (Ministerstvo zemědělství Bali, 2017).

11.2 Organizační schéma Subaku

Všichni členové Subaku se nazývají Krama Subaku a jsou jimi všichni zemědělci (obr. 14), kteří pěstují rýži na rýžových polích a odebírají vodu ze společného zavlažovacího systému.

Členy Subaku lze rozdělit do tří skupin:

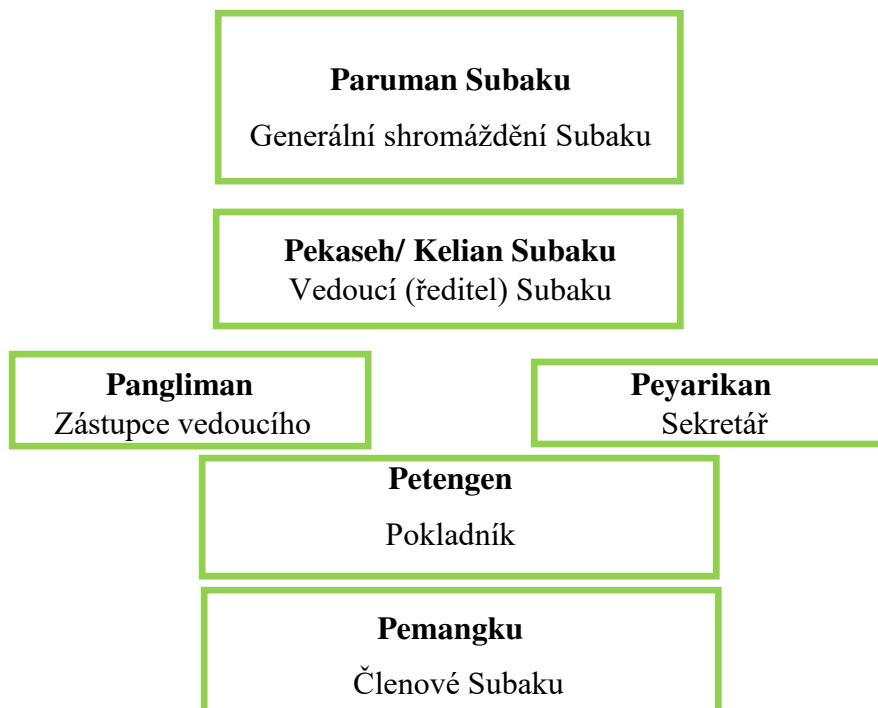
- 1) Krama aktiv: aktivní a stálí členové spolku
- 2) Krama pasif: členové, kteří nemají svá pole a za členství si platí
- 3) Krama Luput: členové, kteří nejsou aktivní ve všech činnostech Subaku kvůli jiným důležitým povinnostem jako je vedení vesnice apod.

Hlavním vedením v Subaku je Pekaseh, který je zodpovědný za to, že zavlažovací systém bude v pořádku a bude splňovat veškeré funkce. Nejvyšší pozice v Subaku je volena demokraticky všemi členy (Ministerstvo zemědělství Bali, 2017).



Obr. 14 – Balijský zemědělec – Uluwatu 2016

Organizační schéma Subaku:



(Ministerstvo zemědělství Bali, 2017).

11.2.1 Komise Subaku

Generální shromáždění Subaku – toto shromáždění má největší vliv na dění v Subaku, rozhoduje o všem, co se ve společenství stane.

Awig-Awig – jedná se o veškerá pravidla a zákony, kterými se členové Subaku řídí a musí je dodržovat. Obsahuje také sankce, které se ukládají za porušení práv a povinností ve společenství Subaku.

Vedoucí (ředitel) Subaku – je zodpovědný za vedení a veškeré rozhodnutí a závěry týkající se Subaku (rozhodování o projektech, způsobech zavlažování, rozdělení závlahové vody, ...)

Zástupce vedoucího (ředitele) Subaku – tato osoba je odpovědná za správu konkrétního území rýžových polí. Většinou je tato pozice rozdělena mezi více osob. Ředitel má tak zástupce v každém „kraji“ na zemi Bali.

Sekretář – zodpovědný za zapisování všech rozhodnutí, o kterých Subaku rozhodne. Je také zodpovědný za vedení a průběh shromáždění, kompletuje zprávy ze zasedání a předává je všem členům Subaku.

Pokladník – Odpovědný za finanční stránku v Subaku. Spravuje pokladnu a stará se o veškeré investice a přijímání peněz, které Subaku provádí.

Členové Subaku – všichni zemědělci, kteří pěstují rýži a přijímají vodu ze společného Subaku zavlažovacího systému. Každý zemědělec, co pěstuje rýži, tak automaticky vstupuje do společenství Subaku, aby měl zajištěn dostatek vody ve všech fázích růstu rýže (Ministerstvo zemědělství Bali, 2017).

11.2.2 Skupiny Subaku

Pro lepší a efektivnější rozvoj a pro lepší dosažení cílů se zemědělci rozdělují do několika skupin. Každá tato skupina má na starosti jinou fázi růstu rýže. Tyto skupiny se nazývají Sekaa.

1) **Sekaa Numberg** – tato skupina rozhoduje o orbě a správném využití a upravování půdy

2) **Sekaa Jelinjangan** – tato skupina rozhoduje o odebírání vody do zavlažovacího systému, monitoruje množství vody, které přitéká na rýžové pole a má za úkol koordinovat přítok v každé fázi růstu rýže.

3) **Sekaa sambang** – tato skupina zkoumá a zabraňuje škodlivým vlivům, které by mohli mít negativní vlivy na růst rýže. Jsou to škodlivé vlivy jako zvířata, která se snaží chytat a odhánět nebo ptáky, které odhánějí speciálními plašičkami a také zabraňují různým škůdcům, které mají na rýži negativní vliv.

4) **Sekaa memulih** – tato skupina je zodpovědná za sadbu a výsadbu rýže. Vysazují sazenice a když sazenice dorostou do správné výšky, tak je rozdělují do košů a vysazují na rýžová pole.

5) **Sekaa mejukut** – tato skupina se stará o čistotu vody, která přitéká na rýžová pole. Zachytávají různé nečistoty a také ryby, které by mohli poškodit rýži.

6) **Sekaa Manyi** – tato skupina se stará o řezání a sklizeň rýže. Je zodpovědná za to, že rýže bude na poli připravena k odnesení do speciálních úschoven. Také se

starají o to, aby na poli po sklizni nezůstaly žádné zbytky rýžových klasů. Klasy, ze kterých se vymlátí rýže, tak přímo na poli spalují.

7) **Sekaa Bleseng** – tato skupina má povinnost přemístit sklizenou rýži z pole do úschovny. Jsou zodpovědní za to, že rýže bude suchá a nebude v úschovně uhnívat. Rýži odnášejí buď ve speciálních koších nebo ji dávají do pytle přímo na poli a odvážení jí malými traktory přímo do úschoven.

Všechny tyto skupiny si také navzájem pomáhají, aby veškerou práci zvládli snadněji a rychleji

Celé společenství Subku je závislé na zdroji vody z jezer a přehrad. Ale otázkou je, co se stane, když nastane období sucha a vody pro zavlažování rýžových polí je nedostatek. V tomto případě se sejde shromáždění Subaku a řeší problém společně se všemi členy. Společně řeší, jak přerozdělit vodu, aby každé rýžové pole mělo dostatek vody pro správný růst rýže. Většinou to funguje tak, že ten, kdo má na svém poli dostatečné množství vody, tak se musí rozdělit se všemi sousedními rýžovými poli a poskytnout jim část vody ze svého rýžového pole.

Všichni členové Subaku dělají vše pro to, aby dosáhli maximálního výsledku pro růst a maximální sklizeň rýže. Celý tento „krizový scénář“ se nazývá vzájemný systém pomoci a musí se jím řídit všichni, kdo patří do společenství Subaku (Ministerstvo zemědělství Bali, 2017).

11.3 Historie zavlažovacího systému

Zavlažovací systém byl na Bali vyvinut v 9. století našeho letopočtu, kdy se jednalo o pouhé vyhloubené strouhy, které přiváděly vodu z nějakého zdroje přímo do rýžového pole. Pokud nebylo dostatek vody pro všechna rýžová pole, tak se na polích pěstovala jiná plodina, která nepotřebovala pro růst takové množství vody jako rýže.

Zlom přišel až v 16. století, kdy se na ostrov Bali vylodili Holanďané a postupně ostrov kolonizovali. Kolonizace celého ostrova Bali přišla až v 18. století. Co se týče zavlažovacího systému, tak kolonizace Holanďany byla pro Bali výhodná. Holanďané zdokonalili zavlažovací systém až do podoby, jak vypadá dnes. Vymysleli síť kanálů a systém zavlažování všech rýžových polí i za období sucha. Dalším

přínosem pro Bali bylo také otevření trhu s rýží. Bali začalo v této oblasti obchodovat na mezinárodní úrovni.

Velká rána nejen pro pěstování rýže přišla v roce 1963, kdy na Bali vybuchla sopka Gunung Agung. Nejen, že na ostrově zemřela spousta lidí, ale láva a popel ze sopky způsobily velké škody na rýžových polích a dalších 10 let nebylo možné na rýžových polích pěstovat rýži.

V 70 letech přichází na Bali velký turistický boom. Rýžová pole už nejsou jen zdrojem obživy, ale stávají se velkou turistickou atrakcí. Dnes některá rýžová pole slouží jen jako turistická atrakce. Můžeme zde najít místní obyvatele, kteří vybírají peníze za to, že vstupujete na jejich pole nebo že se s nimi můžete vyfotit.

Zavlažovací systém rýžových polí (obr. 15) je v dnešní době stále funkční a Balijsi ho používají a staví tak, jak je to v 16. století naučili Holanďané (MacRae, 2011).



Obr. 15 - Rýžové pole Jatiluwih 2017

11.4 Muzeum Subaku

Muzeum Subaku je jedno z nejzajímavějších muzeí na Bali. Muzeum se nachází v oblasti Tabanan, kde jsou také největší rýžové pole na ostrově Bali.

V muzeu můžeme najít popis a ukázkou tradičního zemědělství, nástroje, které se používají při pěstování rýže, dokumentaci, a hlavně tradiční balijský zavlažovací systém. Je zde velmi zajímavá ukáзка toho, jak funguje a vypadá tradiční zavlažovací systém na celém území ostrova, a hlavně také ukáзка toho, jak může fungovat rovnocenné společenství.

Muzeum má návštěvníky seznámit nejen s tradičním balijským zemědělstvím, ale také se všemi ceremoniemi, které se v průběhu růstu rýže provádějí. Muzeum vzniklo proto, aby se zachovalo povědomí o tom, jaká kultura a tradiční zemědělství na Bali jsou. Jelikož se postupně rýžová pole stávají neúrodnými a zanikají nebo se na nich začíná pěstovat jiná plodina.

Jsou zde zachována veškerá data a předměty, která souvisejí se Subaku a tradičním balijským zavlažovacím systémem. Muzeum je otevřeno pro širokou veřejnost a plní jak funkci vzdělávací, tak i jako turistická atrakce (Subaku Muzeum, 2017).

11.5 Subaku jako národní dědictví UNESCO

Některé části rýžových polí byli dokonce zapsány jako kulturní památka UNESCO. Do této kulturní památky nespádají jen rýžová pole, ale celý zavlažovací systém Subaku a filozofie Tri Hita Karana podle které Baličané pěstují nejen rýži.

Vláda na Bali se snažila už od roku 2000, aby zavlažovací systém Subaku a rýžová pole byly zapsány jako kulturní památka UNESCO. Celý proces, než se Subaku mohlo zapsat jako památka UNESCO, byl velmi složitý. Předcházela tomu spousta výzkumů, které se týkali životního prostředí, geografické výzkumy, geologické výzkumy a mnoho dalších. Nakonec byl návrh o zapsání přijat a 29. června 2012 se Subaku stalo národní kulturní památkou UNESCO

Do této kulturní památky spadá přibližně 20 000 hektarů rýžových polí a zavlažovacích systému v pěti různých částech Bali. Části Bali, ve kterých se tyto památky UNESCO, nachází jsou: kulturní krajina Catur Angga Batukaru, kulturní krajina Pakerisan Watershed, jezero Batur, které se nachází v kráteru sopky Batur, Vodní chrám Pura Ulun Danu Batur a Vodní chrám Pura Taman Ayun (Subaku Muzeum, 2017).

11.5.1 Krajina Catur Angga Batukaru

Tato část krajiny se stala kulturní památkou UNESCO, jelikož se jedná o největší rýžové terasy na ostrově, a tedy i o největší systém zavlažovacích kanálů. Tyto rýžové terasy se nazývají Jatiliwih (obr. 16) podle blízké vesnice, která nese stejný název. Toto místo je v dnešní době velmi ovlivněno turismem, ale i přesto zde místní obyvatelé pěstují rýži a dodržují všechny principy a rituály pro pěstování rýže (Lonely Planet, 2014).



Obr. 16 – Rýžové terasy Jatiliwih 2016

11.5.2 Krajina Pekerisan Watershed

V této kulturní krajině se nachází chrám Gunung Kawi (obr. 17). Je to chrám nacházející se v zeleném uzavřeném údolí, který je obklopen rýžovými poli a pralesy. Tento chrám je vytesán do skály a dříve tyto jeskyně sloužily jako hrobky pro nejvyšší vrstvy Baličů.

Údolím protéká také posvátná řeka jménem Pakrisan (obr. 18). Kousek od chrámu se nachází vodní nádrž, kam přitéká právě tato posvátná řeka. Tato nádrž se jmenuje Tirta Empul a zásobuje velké množství rýžových polí vodou. Jedná se o další z kulturních památek UNESCO (Lonely Planet, 2014).



Obr. 17 a 18 – Chrám Gunung Kawi s posvátnou řekou Pakrisan – 2017

11.5.3 Jezero Batur s chrámem Pura Ulun Danu Batur

Jezero Batur se nachází v kráteru sopky a na jeho hladině leží část chrámu Pura Ulun Danu Batur (obr.19). Z tohoto jezera jsou zásobovány rýžová pole a spolu s chrámem patří do památek UNESCO.

Tento chrám je druhým největším chrámem na Bali a je zasvěcen bohyni Dewi Danu, která je bohyní všech vod, sloužící pro závlahu rýžových polí (Rough Guides, 2014).



Obr. 19 – Chrám Pura Ulun Danu Batur na jezeře Batur – 2017

11.5.4 Vodní chrám Pura Taman Ayun

Tento vodní chrám (obr. 20) se stal památkou UNESCO, protože je postaven na posvátném prameni. V chrámu jsou terasovitá jezírka a celý chrám je obehán vodním příkopem. Z tohoto pramene a příkopů jsou zásobována blízká rýžová pole (Rough Guides, 2014).



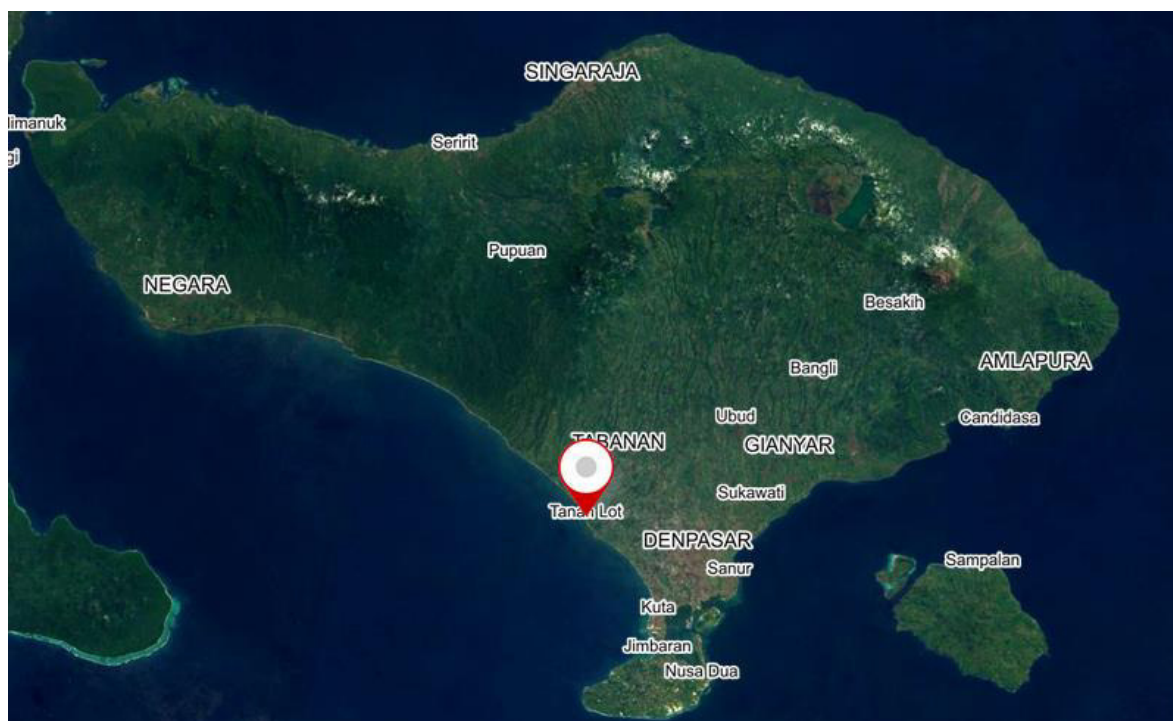
Obr. 20 - Vodní chrám Pura Taman Ayun – 2016

12. Charakteristika řešeného území

12.1 Tanah Lot

Tanah Lot leží na jihozápadní části Bali (obr. 21). Je to přímořské město s nadmořskou výškou 8 m. n. m. Toto město se nachází asi 30 km západně od hlavního města Denpasar a asi 20 km východně od hory Batur.

Tato část ostrova je střediskem produkce rýže. Jsou zde nížinné oblasti s velmi příznivými podmínkami pro rýžová pole. Dokonce až 90 % vyprodukované rýže je vypěstována v oblasti kolem Tanah Lot (Gunadi, 2018)



Obr. 21 – Mapa Bali s označeným územím (URL 2)

12.2 Klimatické podmínky Tanah Lot

12.2.1 Teplota

Jelikož je Tanah Lot přímořská oblast, tak se zde teploty pohybují výše než v jiných částech ostrova. Průměrná teplota se zde ohybuje okolo 27,5 °C. V nejteplejších měsících se zde teploty můžou pohybovat i okolo 31 °C, nejnižší

teploty se pohybují okolo 26 °C. Průměrné teploty ve městě Tanah Lot jsou znázorněny v následující tabulce 1.

Průměrné měsíční teploty (°C)

Město/ Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Tanah Lot	29	28	28	28	27	27	26	26	28	30	31	30

Tab. 1 – Průměrné měsíční teploty Tana Lot

12.2.2 Srážky

Na Bali se střídá období sucha a období dešťů, a tak jsou tedy srážkové úhrny ve městě Tanah Lot v období od listopadu do dubna výrazně vyšší než od května do října. Celoroční srážkový úhrn je vysoký a to 2 500 mm. Průměrné měsíční srážkové úhrny jsou znázorněny v následující tabulce 2.

Průměrné měsíční srážky (mm)

Město/ Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Tanah Lot	564	524	410	220	100	45	31	12	21	42	141	395

Tab. 2 – Průměrné měsíční srážky Tana Lot

(meteoblue AG, 2014).

12.2.3 Evapotranspirace

Evapotranspirace je v i období sucha i v období dešťů celkem na stejné úrovni. Celková evapotranspirace se pohybuje okolo 980 mm za rok. Průměrná měsíční evapotranspirace je znázorněna v následující tabulce 3.

Průměrná měsíční evapotranspirace (mm/den)

Město/ Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Tanah Lot	62	74	79	83	81	76	83	91	95	86	82	80

Tab. 3 – Průměrná měsíční evapotranspirace Tana Lot

(Subaku Muzeum, 2017).

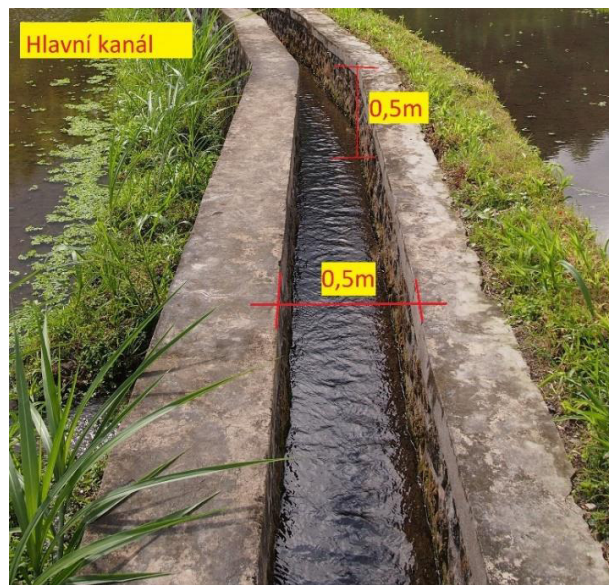
12.2.4 Pedologické poměry

V této části Bali se nacházejí jílovito – hlinité půdy, které mají malou propustnost. Půdy jsou středně těžké a pro pěstování rýže jsou asi jedny z nevhodnějších (Ministerstvo zemědělství, 2017).

12.2.5 Zásobování vodou

Rýžová pole v Tanah Lot jsou zásobovány z jezera Bratan, které se nachází 1 231 m. n. m., z jezera vytéká řeka, která teče dolů z hor nacházejících se v centrální části Bali, v okolí Tabananu a nakonec vtéká do moře, asi 12 km od města Tanah Lot (Indonesia, 2017).

Voda je k rýžovým polím přiváděna hlavními zavlažovacími kanály (obr. 22). Dále je po poli rozváděna rozvodnými kanály. Hlavní zavlažovací kanál má rozměry 0,5m x 0,5m.



Obr. 22 – Hlavní zavlažovací kanál – Tanah Lot 2017

Rozvodný zavlažovací kanál (obr. 23) rozvádí vodu po rýžových polích. Většinou se jedná pouze o vyhloubenou strouhu, která není nijak zpevněná. Rozměry rozvodných kanálů jsou většinou 0,3m x 0,25m.



Obr. 23 – Rozvodný kanál Tanah Lot 2017

Dalším zařízením, které rozvádí vodu po rýžových polích jsou trubky nebo jen vyhloubené tunýlky (obr. 24) o průměru asi 0,15m, které zajišťují, aby se voda dostala na všechny terasy.



Obr. 24 – Rozvodná trubka – Tanah Lot 2017

Rozložení závlahových kanálů na rýžovém poli je na výkresu v příloze č. 4.

12.2.6 Terasy

Celková plocha řešeného rýžového pole je 4 515 m². Sklon pole, který byl odhadnut z internetových map, je 9 ‰. Celkový počet teras na řešeném území je 5.

Velikosti teras: 1. 826 m²

2. 985 m²

3. 924 m²

4. 915 m²

5. 628 m²

Výška jedné terasy je 0,25m. Situace je znázorněna ve výkresu v příloze č. 5. a podélný profil je v příloze č. 6. Řešené území je znázorněno na následujícím obrázku 25.



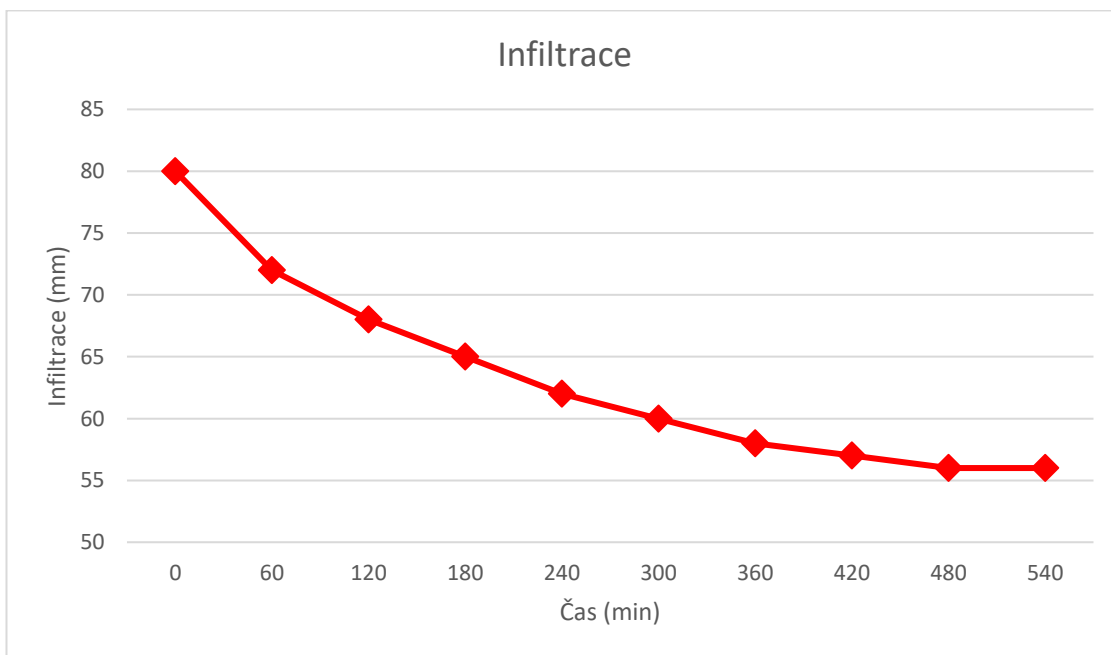
Obr. 25 – Řešené území (URL 3)

12.2.7 Infiltrace

Infiltrace naměřená na řešeném území v období sucha a v růstové fázi rýže. Rýžové pole bylo při měření zatopené, asi 12 cm vody. Teplota vzduchu byla v době měření 26 °C, srážky byly 0 mm, rychlost větru byla 4 m/s. Jelikož je infiltrace velmi nízká, tak byla měřena od 10:00 do 19:00 hodin. Průměr infiltrometru je 8,5 cm, výška vodního sloupce 8 cm. Schéma infiltromertu je na schématu 1. Výsledné měření je v následující tabulce 4.

Datum měření:	17.09.2017	Lokalita	Tanah Lot
Pozorování č.	Hodina	min	mm/h
1.	10:00	0	80
2.	11:00	60	72
3.	12:00	120	68
4.	13:00	180	65
5.	14:00	240	62
6.	15:00	300	60
7.	16:00	360	58
8.	17:00	420	57
9.	18:00	480	56
10.	19:00	540	56

Tab. 4 – Naměřená infiltrace Tanah Lot 2017



Graf 1 – Infiltrace Tanah Lot

Infiltrometr

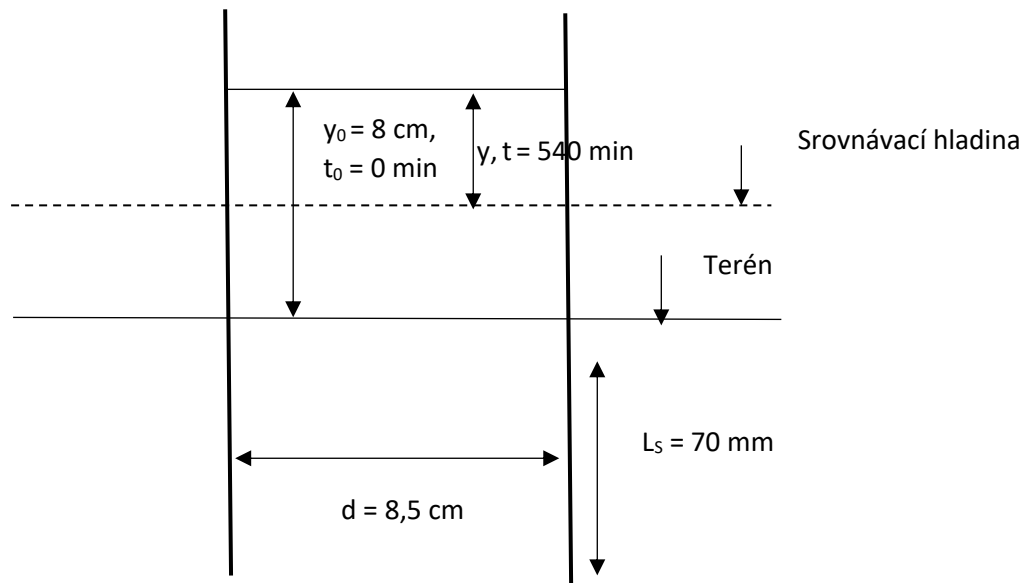


Schéma 1 – Infiltrometr

13. Metodika

První částí této diplomové práce je rešerše, která se zabývá všeobecným popisem závlah, rýže a pedologických a klimatických poměrů, které jsou příznivé pro pěstování plodin. Všechny tyto informace vychází z prostudovaných literárních a internetových zdrojů. V této části jsou rozděleny závlahy dle hlavního účelu a technického uspořádání. Dále je zde popsána vláhová potřeba rostlin, hlavně rýže a klimatické poměry v závislosti na růstu plodin. Dalším bodem rešerše je popis samotné rýže a závlahy rýže.

Další část této práce se zabývá ostrovem Bali a jeho závlahovým systémem. Jsou zde popisovány klimatické a pedologické poměry jaké na Bali jsou. Dále je zde popsáno zemědělství a pěstování rýže, jejich náboženský vztah k rýži a zavlažovací systém, který se nazývá Subaku Zavlažovací systém. Tato práce se také zabývá podrobným popisem jejich Zavlažovacího systému, popisuje části zavlažovacího systému, organizační schéma Subaku, historii zavlažovacího systému, Muzeum Subaku a Subaku jako národní památkou UNESCO. Všechny

tyto informace byly čerpány z materiálů poskytnutých Ministerstvem zemědělství a Muzeem Subaku na Bali.

Praktická část diplomové práce byla zpracována na základě údajů, které byly získány buď přímo na ostrově nebo z internetových zdrojů. Nejprve bylo vybráno zájmové území, které bylo podrobně zmapováno. Byla zde zaměřena velikost rýžového pole, délka a rozměry kanálů a infiltrace. Infiltrace byla měřena experimentálně, a to provizorním infiltrometrem (plastová láhev). Všechny tyto údaje byly zapsány a zpracovány do diplomové práce. Další informace jako teplota a srážky byly zjištěny z internetových stránek, které poskytují informace o dlouhodobém měření těchto jevů. Údaje o evapotranspiraci byly poskytnuty z Muzea Subaku, kde jsou tyto informace shromažďovány pro další generace zemědělců. Údaje o pedologických poměrech na ostrově byly získány na Balijském Ministerstvu zemědělství. Všechna tato data byla zpracována do tabulek a následně vyhodnocena a použita k dalším výpočtům.

Ve výpočtech je uvažováno pouze jednoho vegetačního období růstu rýže. Pro výpočet bylo vybráno období od června do září. Jelikož v tomto období je velmi malý srážkový úhrn, tak jsou srážky zanedbány. Nejprve byla z naměřených dat spočítána nasycená hydraulická vodivost půdy podle vzorce:

$$K = \frac{2L_s}{t_2 - t_1} \ln \frac{y_1}{y_2} \quad (24)$$

Kde:

K = Nasycená hydraulická vodivost ($m \cdot s^{-1}$)

L_s = Předpokládaná trajektorie vody (mm)

$t_{1,2}$ = Čas (s),

$y_{1,2}$ = výška vody nad srovnávací hladinou (mm)

(Štibinger, 2014)

Dále byly určeny parametry závlahových kanálů jako omočený obvod a průtočná plocha kanálu. Omočený obvod byl vypočítán dle vzorce:

$$O = b + 2y \quad (25)$$

Kde:

O = Omočený obvod (m)

b = Šířka kanálu (m)

y = Hloubka kanálu (m)

A průtočná plocha kanálu byla vypočítána dle vzorce:

$$S = b \cdot y \quad (26)$$

Kde:

S = Průtočná plocha (m²)

b = Šířka kanálu (m)

y = Hloubka kanálu (m)

Dále bylo zapotřebí spočítat Hydraulický poloměr R, který lze spočítat ze vzorce:

$$R = \frac{S}{O} \text{ (m)} \quad (27)$$

Kde:

R – Hydraulický poloměr (m)

S – Průtočná plocha (m²)

O – Omočený obvod (m)

Rozměry uvažovaných závlahových kanálů jsou znázorněny na obrázcích 22 a 23. Byl počítán také rychlostní součinitel dle Manninga, který se vypočítá podle vzorce:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} \quad (28)$$

Kde:

C – Rychlostní součinitel (m^{0,5}*s⁻¹)

R – Hydraulický poloměr (m)

n – Drsnost koryta

Drsnosti koryta byly uvažovány jako: 0,035 pro betonové koryto a 0,05 pro hlinité koryto.

Rychlost proudění dle vzorce:

$$v = C * \sqrt{R * I} \quad (29)$$

Kde:

v = Rychlost proudění ($m*s^{-1}$)

C = Rychlostní součinitel ($m^{0,5}*s^{-1}$)

I = Podélný sklon

Průtok dle vzorce:

$$Q = S*v \quad (30)$$

Q = Průtok ($m*s^{-1}$)

S = Průtočná plocha (m^2)

v = Rychlost proudění ($m*s^{-1}$)

(Kuklík, Křovák, 1988)

Poslední výpočty se týkají potřeby vody pro pokrytí ztrát dle vzorce:

$$Q_p = P*Et + P*K \quad (31)$$

Q_p = Potřeba vody ($m*s^{-1}$)

P = Rozloha pole (m^2)

Et = Evapotranspirace ($m*s^{-1}$)

K = Nasycená hydraulická vodivost ($m*s^{-1}$)

(Štibinger, 2014)

Nedílnou součástí této práce je fotodokumentace, která byla pořízena autorem této práce na ostrově Bali v srpnu 2016 a září 2017.

14. Výsledky

Výpočet nasycené hydraulické vodivosti dle vzorce 24 z naměřených hodnot, které jsou zapsané v tabulce č. 4. $t_1 = 0$, $t_2 = 540$ min, $y_1 = 80$ mm, $y_2 = 56$ mm.

$$K = 5,03 * 10^{-2} \text{ mm} * \text{min}^{-1} \Rightarrow \underline{\underline{8,38 * 10^{-7} \text{ m} * \text{s}^{-1}}}$$

Výpočet parametrů závlahových kanálů dle vzorce 25 a 26:

Hlavní závlahový kanál

$$S = 0,25 \text{ m}^2$$

$$O = 1,5 \text{ m}$$

Rozvodný kanál

$$S = 0,075 \text{ m}^2$$

$$O = 0,8 \text{ m}$$

Rychlostní součinitel dle Manninga pro hlavní závlahový kanál dle vzorce 28:

$$C = 21,20 \text{ (m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

Rychlostní součinitel dle Manninga pro rozvodný závlahový kanál dle vzorce 27:

$$C = 13,48 \text{ (m}^{0,5} \cdot \text{s}^{-1}\text{)}$$

Rychlost proudění a průtok pro hlavní závlahový kanál se sklonem 9 ‰ dle vzorce 29 a 30:

$$v = 0,82 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q = 0,205 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Rychlost proudění a průtok pro přívodní závlahový kanál se sklonem 0,3 ‰ dle vzorce 29 a 30:

$$v = 0,71 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$Q = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Potřeba vody pro pokrytí ztrát pro každý měsíc závlahového období, který se vypočítá dle vzorce 31:

Evapotranspirace v měsíci:

$$\text{červnu} = 76 \text{ mm/měsíc} \Rightarrow 2,93 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

červenci = 83 mm/měsíc => $3,10 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

srpnu = 91 mm/měsíc => $3,4 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

září = 95 mm/měsíc => $3,6 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Červen: $Q_p = 3,92 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Červenec: $Q_p = 3,93 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Srpen: $Q_p = 3,94 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Září: $Q_p = 3,95 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

V tabulce 5 je vypočítána potřeba vody pro pokrytí ztrát pro každou terasu a každý měsíc zvlášť.

	I. terasa	II. terasa	III. terasa	IV. terasa	V. terasa
Červen	0,00072	0,00085	0,00080	0,00079	0,00054
červenec	0,00072	0,00086	0,00080	0,00080	0,00055
Srpen	0,00072	0,00086	0,00081	0,00080	0,00055
Září	0,00072	0,00086	0,00081	0,00080	0,00055

Tab. 5 – Pokrytí evapotranspirace pro terasy

15. Diskuze

V rámci této práce jsem si ověřila, jak důmyslný systém zavlažování rýže na Bali funguje. Přestože se jedná o zemi, kde si zkušenosti s pěstováním rýže a jejím zavlažováním předávají z generace na generaci funguje to na velmi dobré úrovni. Zemědělci nepotřebují k maximálním výnosům pěstované plodiny žádné výpočty ani tabulky, ale přesně vědí, kolik vody a v jakém období rýže vodu potřebuje a kdy ne. Balijsí v podstatě dodržují to, co je v 16. století naučili o závlahách Holanďané. I přesto, že svůj závlahový systém měli i před kolonializací Holanďanů, nebyl tak

promyšlený a důmyslný jako tento. Balijsci jsou na tento systém zavlažování pyšní i přesto, že to není dílem jejich krajanů.

Velmi důležitou částí celého Zavlažovacího systému je promyšlená organizace Subaku, bez níž by Balijsci neměli dostatek vody na závlahu rýže pro všechny, kdo jí potřebují. Svými výpočty, naměřenými hodnotami a získanými informacemi jsem si ověřila, že Balijsci mají dostatek vody pro zavlažování rýže i v období, kdy nespadnou žádné srážky. Závlahové dávky dostatečně pokryjí infiltraci i evapotranspiraci a závlahové kanály jsou dostatečně dimenzované na větší průtok vody i v období dešťů.

Pro Balijsce je rýže zdroj obživy, způsob života, náboženský život, kulturní památka a mnoho dalšího. Celý akt pěstování rýže má svá přesná pravidla, která se musí dodržovat. Vždyť v očích Balijsců je období růstu rýže něco jako cyklus a vývoj ženy a každá fáze růstu je provázena specifickými rituály. Rýže je pro ně nedílnou součástí života a je to pro ně plodina, která má duši.

Celý zavlažovací systém se stal památkou UNESCO nejen pro to, že rýžové terasy jsou krásné na pohled, ale právě proto, že závlahový systém je velmi dobře promyšlený a dokáže správně zavlažit nejen malá rýžová pole, ale také obrovské rýžové terasy, která mají i několik desítek hektarů.

I přesto, že se některé rýžové terasy a závlahové systémy staly cílem turistů a na rýžových terasách proudí davy lidí, Balijsci stále dodržují všechny rituály a akty, které jsou spojeny s pěstováním rýže i na těchto rýžových terasách.

O svůj závlahový systém se starají a dbají o to, aby vše zůstalo tak, jak je v 16. století naučili Holanďané. Vždyť díky tomu mohou sklízet rýži i 3x do roka a tím mít i vyšší výnosy z prodeje rýže.

16. Závěr

16.1 Zhodnocení výsledků

Prvním úkolem bylo vypočítat nasycenou hydraulickou vodivost z infiltrace půdy, která byla naměřena v oblasti Tanah Lot. Dle typu půdy měla vyjít výsledná hodnota v rozmezí od 10^{-6} do 10^{-9} m^2s^{-1} . Vypočtená nasycená hydraulická vodivost

vyšla v tomto rozmezí a to $K = 8,38 * 10^{-7} \text{ m*s}^{-1}$. Z tohoto výsledku zde odvodit, že naměřené hodnoty infiltrace a následný výpočet byly provedeny správně a s tímto výsledkem lze dále uvažovat při dalším postupu.

Aby bylo možné spočítat, jestli průtok vody v kanále pokryje ztráty na rýžovém poli, musely se vyhodnotit některé parametry kanálu a následně vypočítat rychlost proudění v kanále a průtok vody v kanále. Z výsledků je patrné, že jak průtok vody v hlavním kanále, tak i průtok vody v rozvodném kanále je dostačující na to, aby pokryl evapotranspiraci na rýžovém poli.

Tato problematika byla řešena pro nejméně příznivé podmínky, které mohou na Bali nastat, a to je v období sucha, kdy na území spadne zanedbatelné množství srážek. Závlahový systém je tedy dostačující a pokryje veškerou potřebu vody, kterou rýže pro závlahu potřebuje i v období sucha.

16.2 Přínos práce

Přínosem této práce bylo zjištění, jak může dokonale fungovat závlahový systém, který byl vyvinut již v 16. století a jak celá společnost na jednom malém ostrově dokáže spolupracovat a držet při sobě.

Dalším přínosem bylo ověření zjištěných a naměřených dat výpočty a následné porovnání se skutečným stavem.

17. Fotodokumentace



Obr. 26–29 – Závlahové kanály – Tanah Lot 2017



Obr. 30–33 – Závlahové stavby – Bali 2017







Obr. 34–40 - Fáze pěstování rýže – Bali 2017



Obr. 41–42 – Rýžové terasy – Bali 2017



Obr. 44–45 – Rýžové terasy – Bali 2017



Obr. 46-48 – Rýžová pole – Bali 2017

18. Zdroje

18.1 Literatura

Eiseman B. F., Jr., 1990 Bali: Sekala and Niskala, 1. vydání, Bali: Periplus Editions, 383 s.

Holý a kol. 1976, Závlahové stavby, Nakladatelství technické literatury, 1. vydání, Praha, 444 s.

Jůva K., 1959, Závlahy půdy, Státní zemědělské nakladatelství, 2. vydání, Praha, 530 s.

IRRI, 2012, Good agricultural practices for irrigated and rainfed lowland rice in East Africa, International Rice Research Institute, Tanzania, 1. vydání

Jůva a kol., 1964, Vodohospodářská meliorace, Státní nakladatelství technické literatury, 1. vydání, Praha, 490 s.

Kuklík V., Křovák F., Cvičení z Meliorací, Vysoká škola zemědělská Praha, 1. vydání, 215 s.

Kulhavý F. a Kulhavý Z., 2008, Navrhování hydromelioračních staveb, Informační centrum ČKAIT, Praha, 1. vydání, 432 s.

Lonely Planet, 2014, Bali a Lombok, Nakladatelství Svojtka & Co. s.r.o., Praha, 1. vydání, 408 s.

McRae Craeme, 2011, Rice Farming in Bali, Routledge, Critical Asian Studies, London, 14 s.

Ministerstvo zemědělství Bali, 2017, Agriculture and irrigation department, Jalan Diponegoro NO: 5, Delod Peken, Kecamatan Tabanan, Bali – Indonesia, 8 s.

Subaku Museum, 2017, Jln. Gatot Subroto, Tabanan 82123, Indonésie, 6 s.

Ritzeman H. P., 1994, Drainage Principles and Applications, International Institute for Land Reclamation and Improvement, The Netherlands, 1 124 s.

Rough Guides, 2014, Bali & Lombok, Nakladatelství Jota, Brno, 8. vydání, 368 s.

Šašková D., Štolfa V., 1993, Trávy a obilí, Granit, s.r.o, Praha 1. vydání, 64 s.

Štibinger J., 2014, Examples of Determining the Hydraulic Conductivity of Soils, Univerzita Jana Evangelisty Purkyně, Ústí nad Labem, 1. vydání, 72 s.

Váška J. a kol., 2000, Hydromeliorace, Nakladatelství ŠEL, s.r.o., Praha. 1. vydání, 224 s.

Whitten , T., At. Al., 2000, The ecology of Jawa and Bali, Singapore, 2. vydání, 53 s.

Zwinger Jeremy, 2012, Rice Today, International Rice Research Institute, Singapore, číslo 11, 47 s.

18.2 Internetové zdroje

Gunadi A., 2018: Tanah Lot in Bali (online) [cit. 2018. 04. 01], dostupné z <http://www.bali-indonesia.com/magazine/tanah-lot.htm>

Meteoblue AG, 2014: Podnebí Banjar Tanah Lot (online) [cit. 2018. 03. 15], dostupné z https://www.meteoblue.com/cs/po%C4%8Das%C3%AD/p%C5%99edpov%C4%9B%C4%8F/modelclimate/banjar-tanah-lot_indon%c3%a9sie_7333823

Indonesia, 2017: Bratan Lake (online) [cit. 2018. 03. 30], dostupné z <http://www.indonesia-tourism.com/bali/bratan-lake.html>

18.3 Seznam obrázků

URL 1 - https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bali_Labeled.png

URL 2 - <https://mapy.cz/> (upraveno: Doležalová, 2018)

19. Přílohy

19.1 Příloha č. 1

Průměrné měsíční teploty na Bali

Město / lokalizace	Nadmořská výška (m.n.m.)	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Průměr
Tabanan – jihozápadní Bali	126	26 °C	26 °C	26 °C	27 °C	28 °C	26 °C	25 °C	25 °C	25 °C	26 °C	27 °C	26 °C	26,1 °C
Kintamani – sever Bali (hora)	1 486	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22,0 °C
Tanah Lot – jih Bali	8	29 °C	28 °C	28 °C	28 °C	27 °C	27 °C	26 °C	26 °C	28 °C	30 °C	31 °C	30 °C	28,2 °C
Mataram – východní Bali	680	27 °C	27 °C	26 °C	26 °C	26 °C	25 °C	25 °C	25 °C	26 °C	27 °C	27 °C	27 °C	26,2 °C
Singaraja – Sever, přímořská	11	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	28 °C	28 °C	27 °C	27 °C	28 °C	29 °C	28 °C	28 °C	27,6 °C
Ubud – vnitrozemí	210	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	27 °C	26 °C	26 °C	26 °C	26 °C	27 °C	27 °C	27 °C	26,7 °C

19.2 Příloha č. 2

Průměrné měsíční srážky na Bali

Město / lokalizace	Nadmořská výška (m.n.m.)	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem	Průměr
Tabanan – jihozápadní Bali	126	654 mm	578 mm	428 mm	236 mm	101 mm	58 mm	36 mm	16 mm	24 mm	49 mm	151 mm	460 mm	2791 mm	233 mm
Kintamani – sever Bali (hora)	1 486	444 mm	405 mm	248 mm	174 mm	72 mm	43 mm	30 mm	21 mm	35 mm	50 mm	166 mm	257 mm	1945 mm	162 mm
Tanah Lot – jih Bali	8	394 mm	311 mm	208 mm	115 mm	79 mm	67 mm	57 mm	31 mm	43 mm	95 mm	176 mm	268 mm	1844 mm	154 mm
Mataram – východní Bali	680	253 mm	254 mm	209 mm	155 mm	84 mm	67 mm	38 mm	21 mm	36 mm	168 mm	250 mm	209 mm	1744 mm	145 mm
Singaraja – sever, přímořská	11	318 mm	318 mm	201 mm	123 mm	57 mm	36 mm	31 mm	7 mm	21 mm	51 mm	115 mm	180 mm	1458 mm	122 mm
Ubud – vnitrozemí	210	412 mm	489 mm	274 mm	224 mm	101 mm	172 mm	128 mm	132 mm	142 mm	350 mm	374 mm	398 mm	3196 mm	266 mm

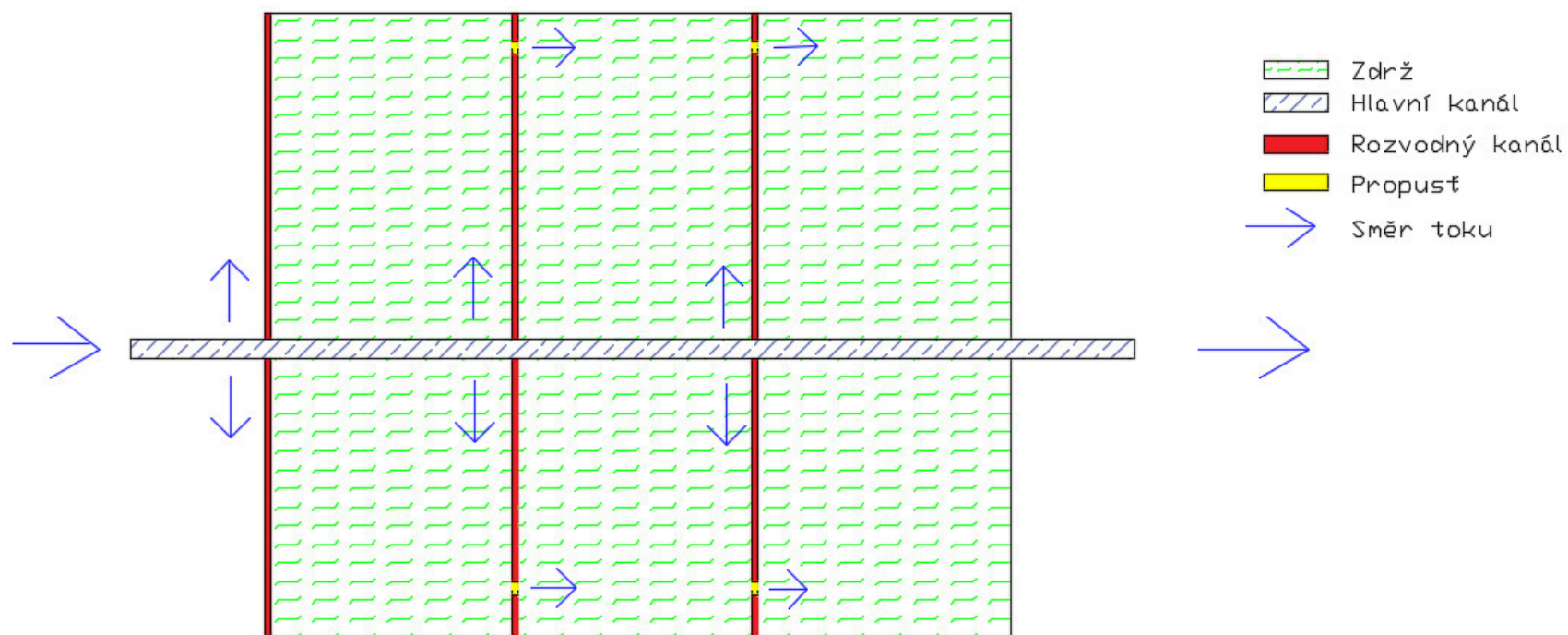
19.3 Příloha č. 3

Průměrná měsíční evapotranspirace na Bali

Město / lokalizace	Nadmořská výška (m.n.m.)	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Celkem	Průměr
Tabanan – jihozápadní Bali	126	107 mm	110 mm	117 mm	134 mm	120 mm	119 mm	126 mm	138 mm	142 mm	135 mm	118 mm	114 mm	1480 mm	123 mm
Kintamani – sever Bali (hora)	1 486	78 mm	82 mm	95 mm	105 mm	93 mm	81 mm	106 mm	112 mm	115 mm	103 mm	90 mm	86 mm	1146 mm	96 mm
Tanah Lot – jih Bali	8	62 mm	74 mm	79 mm	83 mm	81 mm	76 mm	83 mm	91 mm	95 mm	86 mm	82 mm	80 mm	972 mm	81 mm
Mataram – východní Bali	680	61 mm	72 mm	79 mm	85 mm	79 mm	79 mm	81 mm	89 mm	90 mm	84 mm	85 mm	82 mm	966 mm	81 mm
Singaraja – sever, přímořská	11	65 mm	78 mm	82 mm	89 mm	84 mm	86 mm	82 mm	92 mm	94 mm	89 mm	86 mm	84 mm	1011 mm	84 mm
Ubud – vnitrozemí	210	125 mm	131 mm	138 mm	142 mm	131 mm	129 mm	137 mm	148 mm	152 mm	145 mm	135 mm	129 mm	1642 mm	137 mm

Všeobecné schéma závlahových kanálů

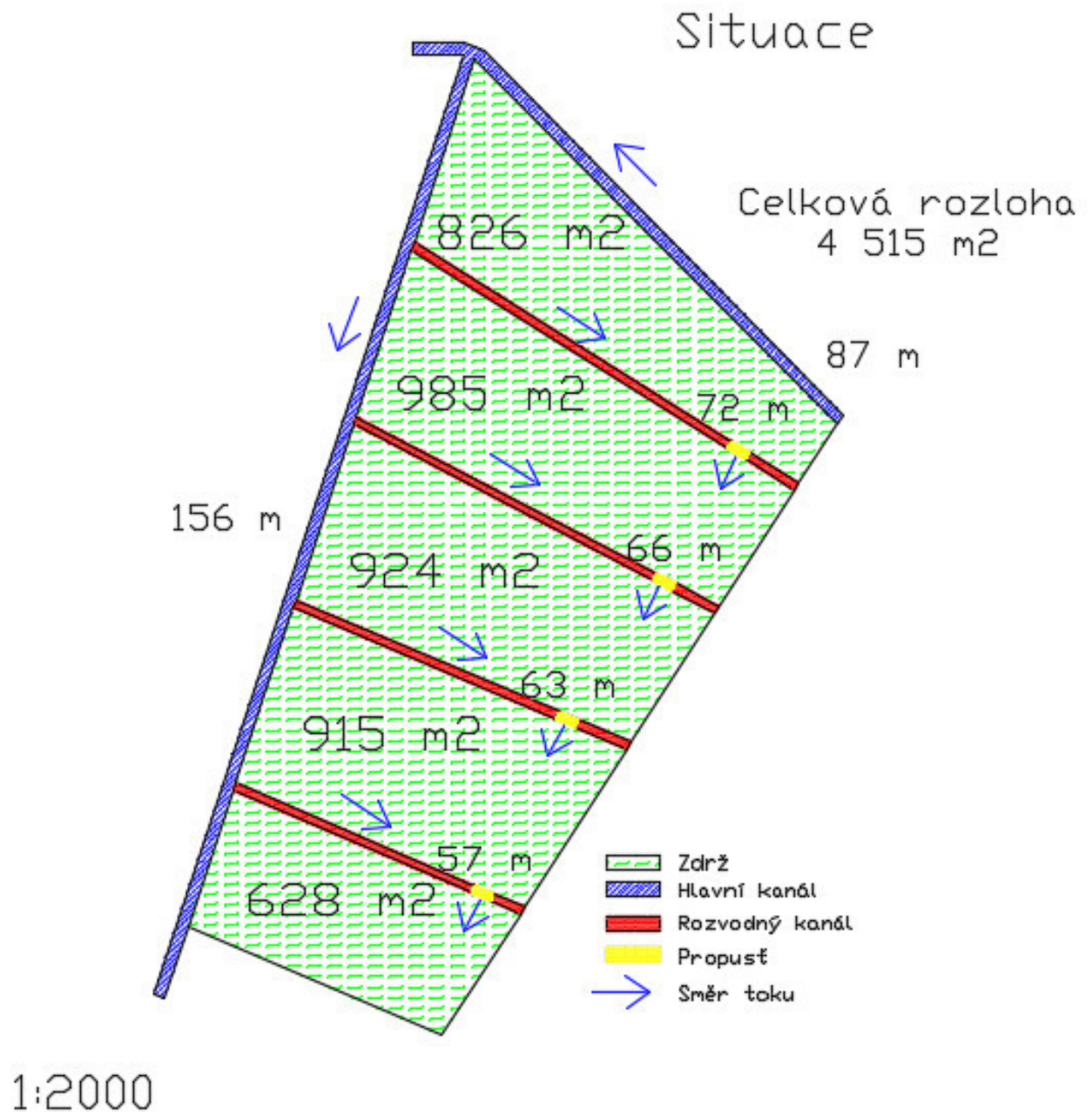
Schéma závlahových kanálů na rýžovém poli



(Holý a kol. 1976)

19.5 Příloha č. 5

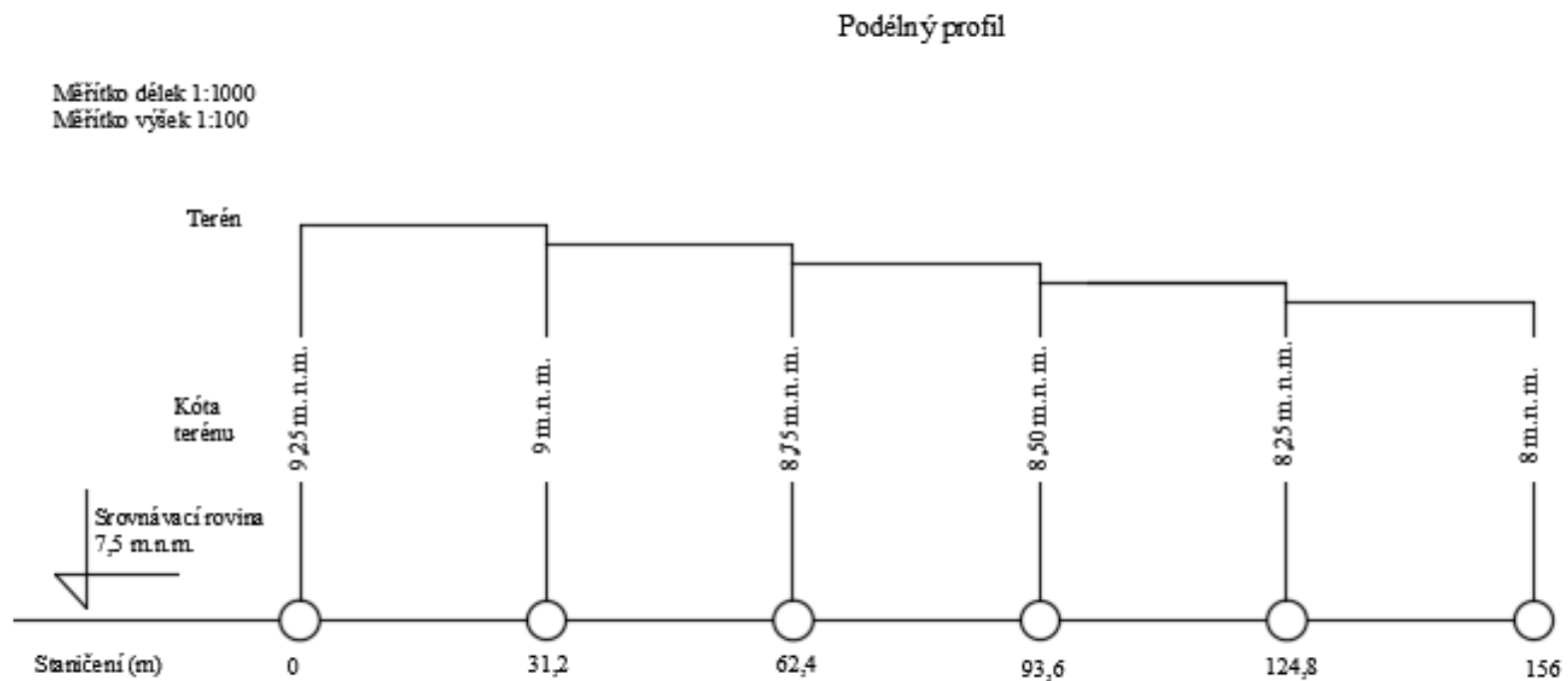
Schéma řešeného území Tanah Lot



(Doležalová, 2018)

19.6 Příloha č. 6

Podélný profil řešeného území Tanah Lot



(Doležalová, 2018)