



Vláhové nároky polních plodin a hospodaření s půdní vodou

Václav Brant a Milan Kroulík

Centrum precizního zemědělství

Česká zemědělská univerzita v Praze

Vláhové nároky polních plodin

- projevují se procesem transpirace při současném působení evaporace
- určují spotřebu vody nebo míru jejího využití rostlinou či rostlinným porostem
 - transpirační koeficient – (množství H_2O /jednotku sušiny)*
 - efektivita využití vody – (g sušiny/l H_2O nebo mg CO_2 /g H_2O)*
- zásadní význam mají z hlediska toků energie
- znalost **x** ovlivnění **x** řízení

Vodní bilance porostu

vodní bilance
zájmového území

srážky +
(závlaha)

=

povrchový odtok
a infiltrace

+

výpar z rostlin
a z půdy

+

Δ obsahu vody v
biomase

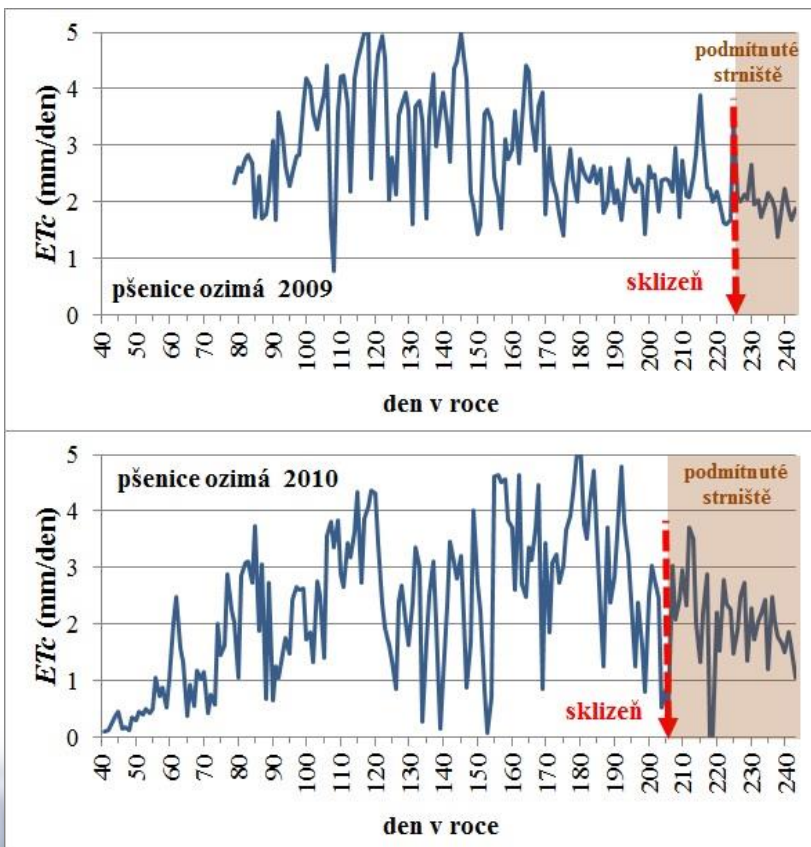
- variabilita srážky, znalost výše srážky
- závlahy ???
- nové technologie

- stav půdy
- Infiltrace a retence
- půdní blok
- zpracování půdy
- struktura porostu
- cílené zadržení vody
- apod.

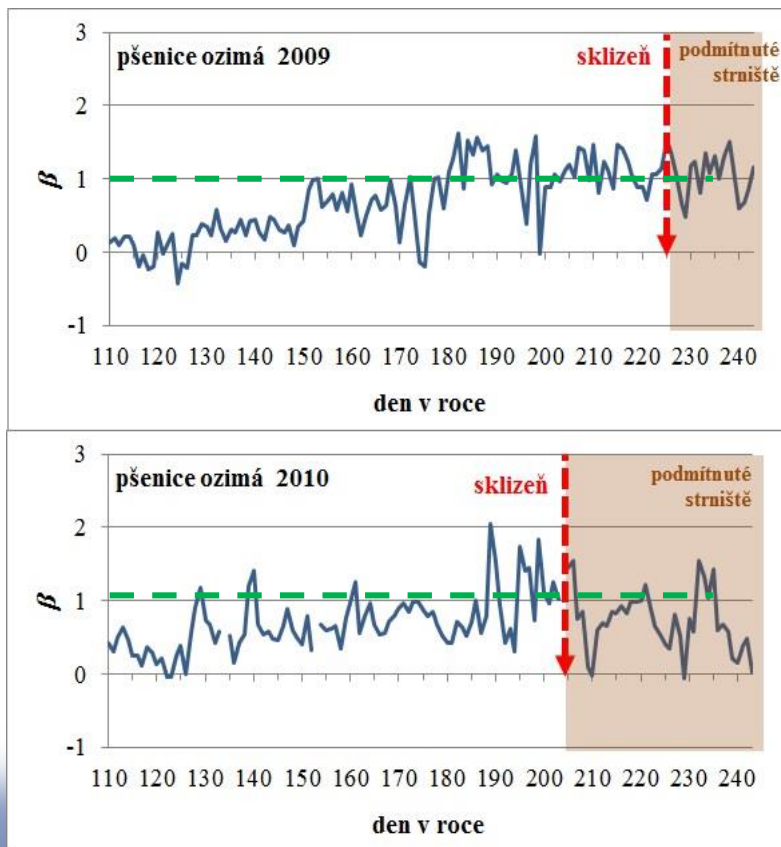
- stav půdy
- struktura porostu
- zpracování půdy
- plodina a odrůda
- mechanismy regulace
- řízení vodního režimu rostliny

- růstová fáze
- obsah vody v půdě
- závlaha
- plodina a odrůda
- řízení ochranných mechanismů
- apod.

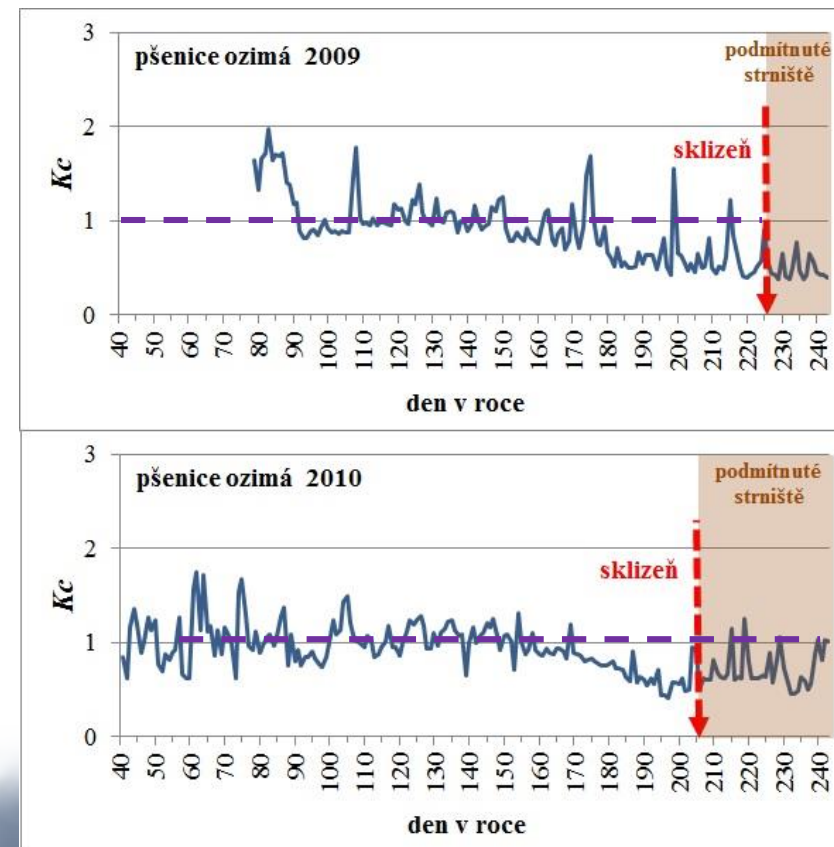
Denní hodnoty aktuální evapotranspirace (ET_c , mm/den) porostů pšenice ozimé v letech 2009 a 2010



Denní hodnoty Bowenova poměru (β) porostů pšenice ozimé v letech 2009 a 2010

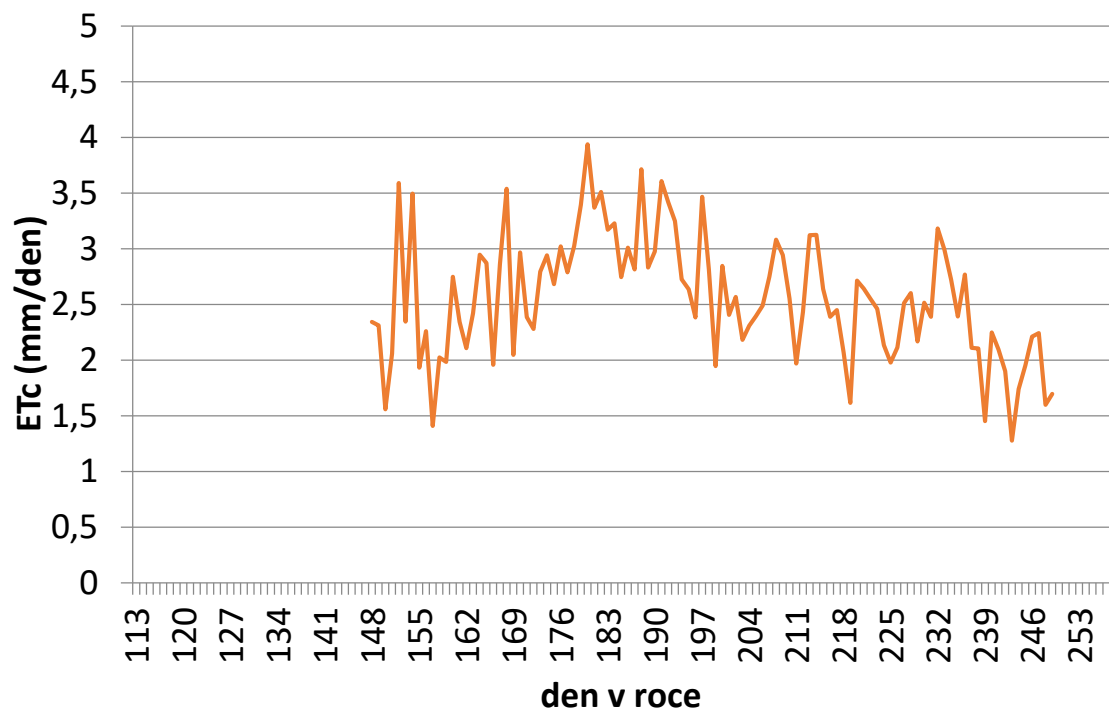


Denní hodnoty crop koeficientů (K_c) porostů pšenice ozimé v letech 2009 a 2010

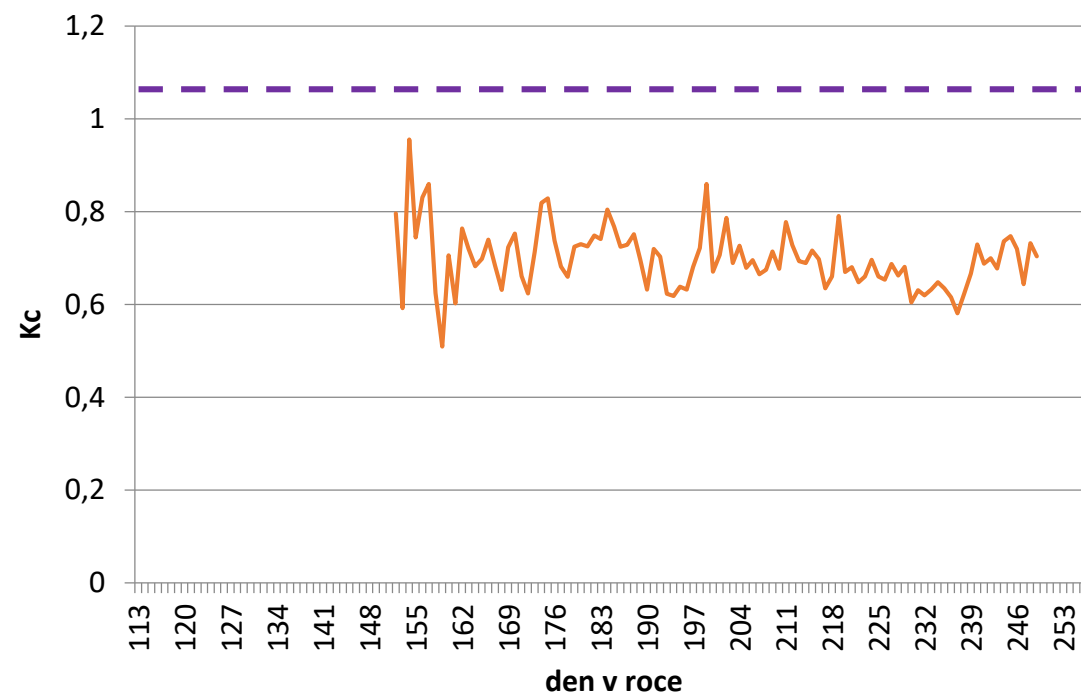


Vláhové nároky kukuřice seté

Průměrné denní hodnoty aktuální měřené evapotranspirace (E_{Tc} , mm/den) porostu kukuřice za období let 2009 až 2012 na lokalitě Budihostice.

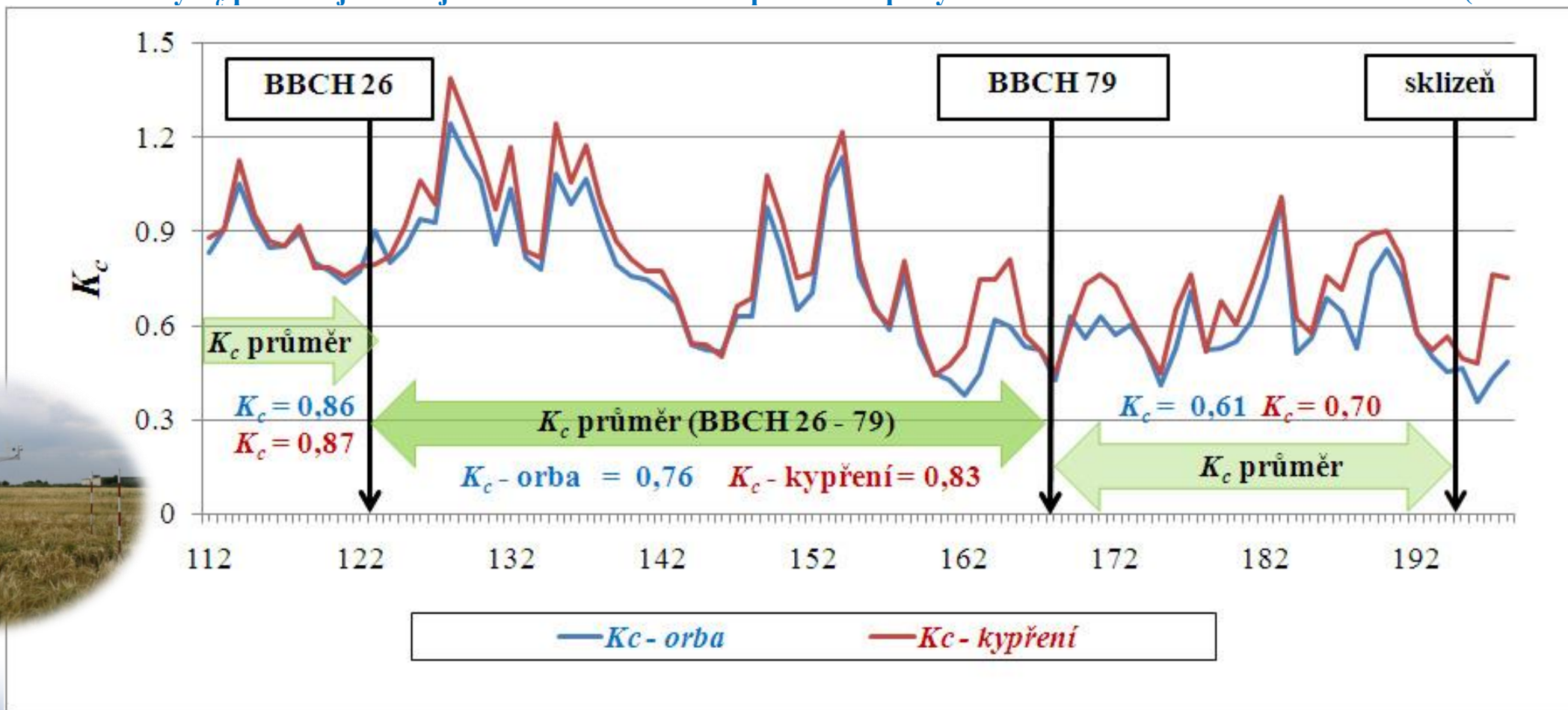


Průměrné denní hodnoty crop koeficientů (K_c) porostu kukuřice za období let 2009 až 2012 na lokalitě Budihostice.



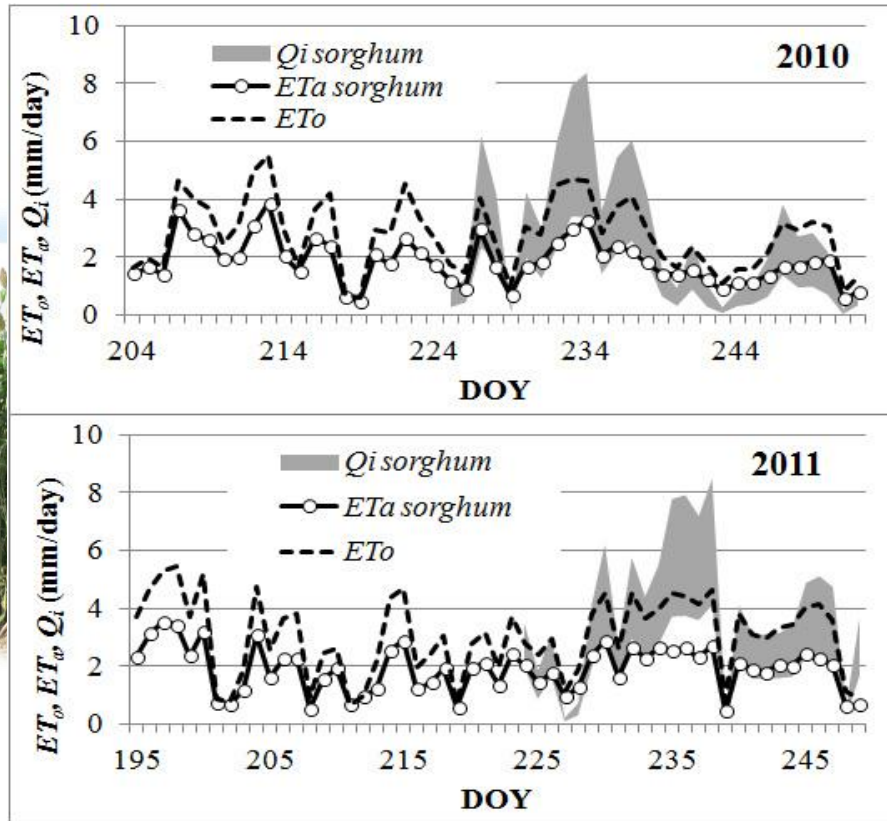
Vliv zpracování půdy na vláhové nároky porostů

Průměrné denní hodnoty K_c porostů jarního ječmene v závislosti na zpracování půdy za sledované období. DOY – den v roce (Brant *et al.*, 2009).

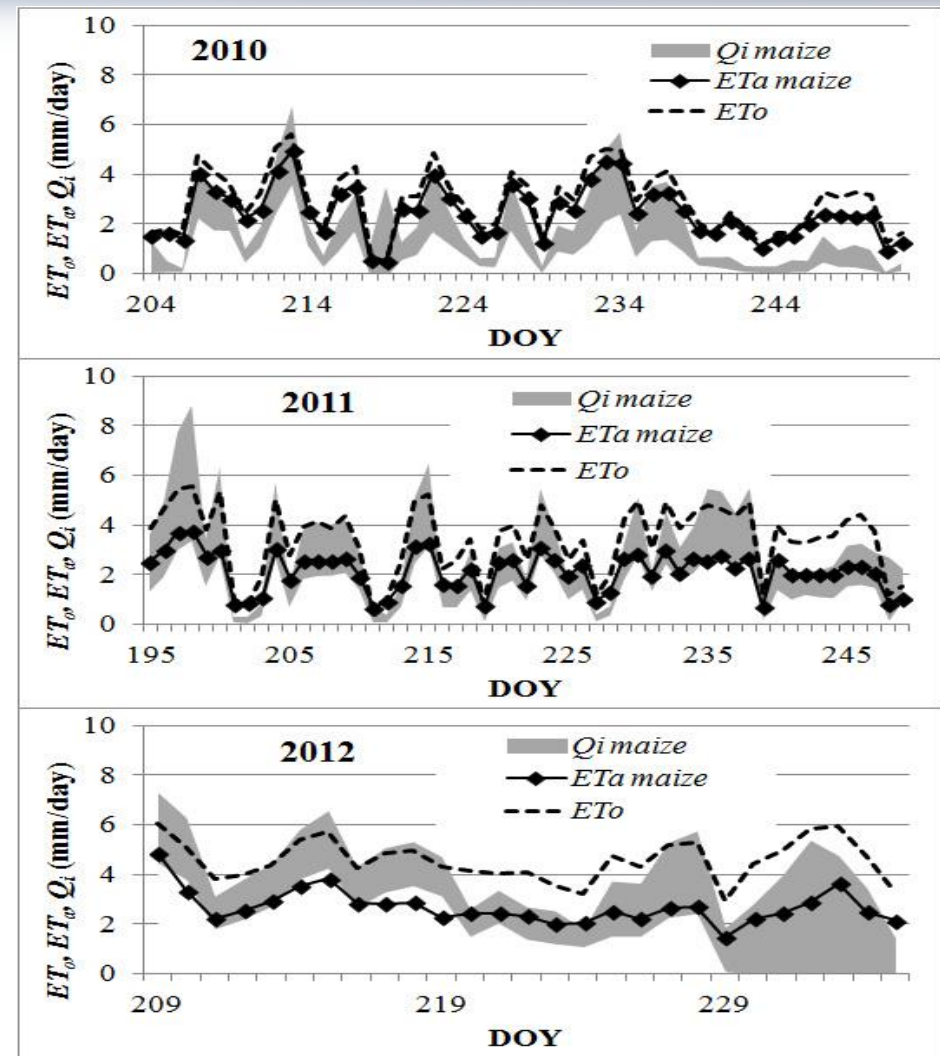


Vztah mezi evapotranspirací a transpirací porostů

čirok



kukuřice

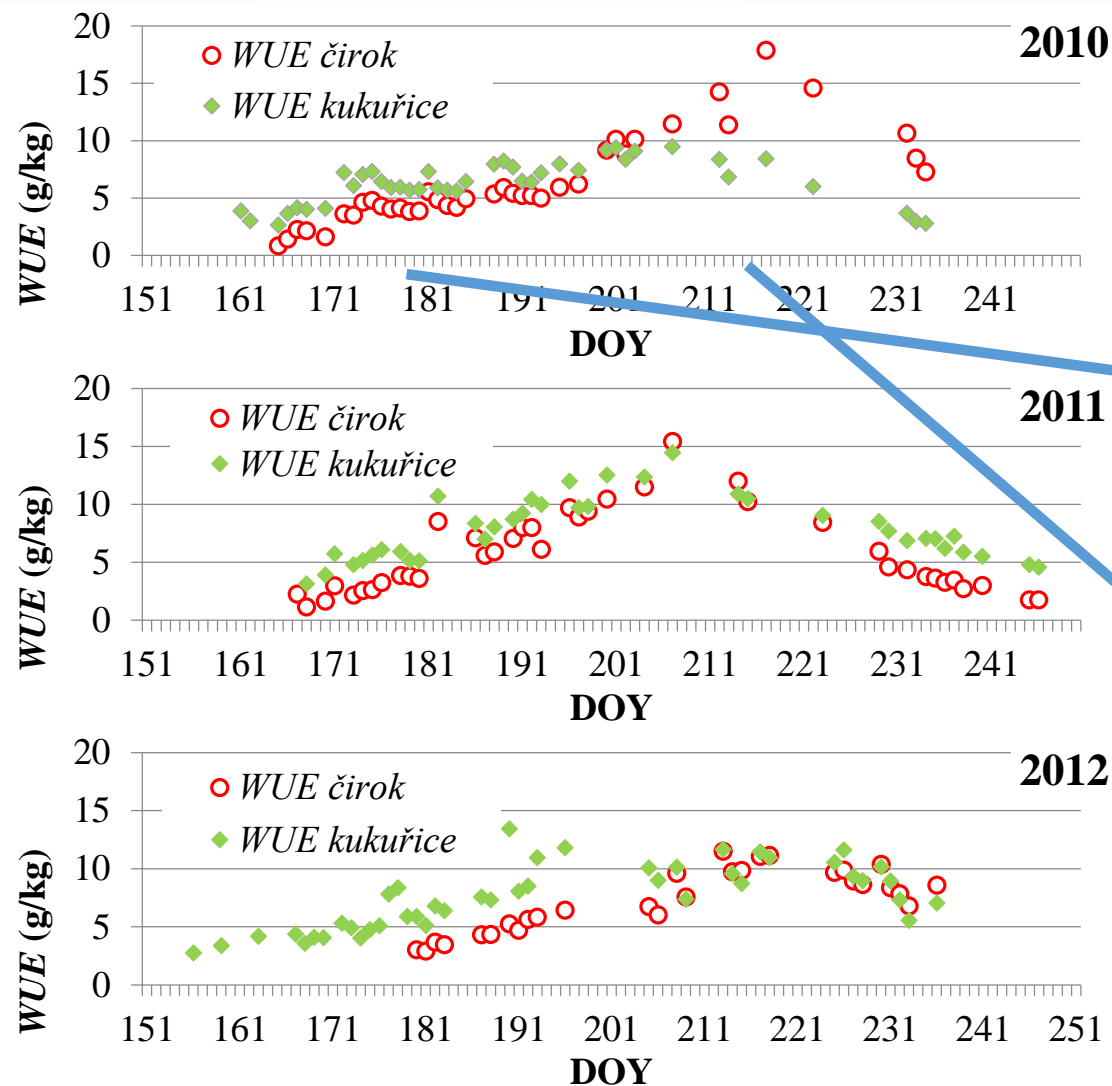


Denní hodnoty ET_0 (mm/den), ET_c (mm/den) a denní hodnoty transpirace Q_i (mm/day) porostů čiroku v letech 2010 - 2011. Hodnoty Q_i (mm/day, šedé pole) dokládají interval hodnot pro měřené rostliny počítaný dle vztahu $Q_i = Q \pm SD$. Q je (průměr měřených rostlin, mm/den) a SD je směrodatná odchylka.

Denní hodnoty ET_0 (mm/day), ET_c (mm/day) a denní hodnoty transpirace Q_i (mm/day) porostů kukuřice v letech 2010 - 2012. Hodnoty Q_i (mm/day, šedé pole) dokládají interval hodnot pro měřené rostliny počítaný dle vztahu $Q_i = Q \pm SD$. Q je (průměr měřených rostlin, mm/day) a SD je směrodatná odchylka.

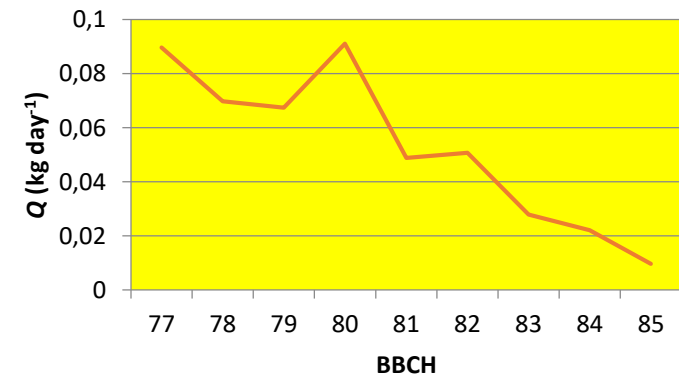
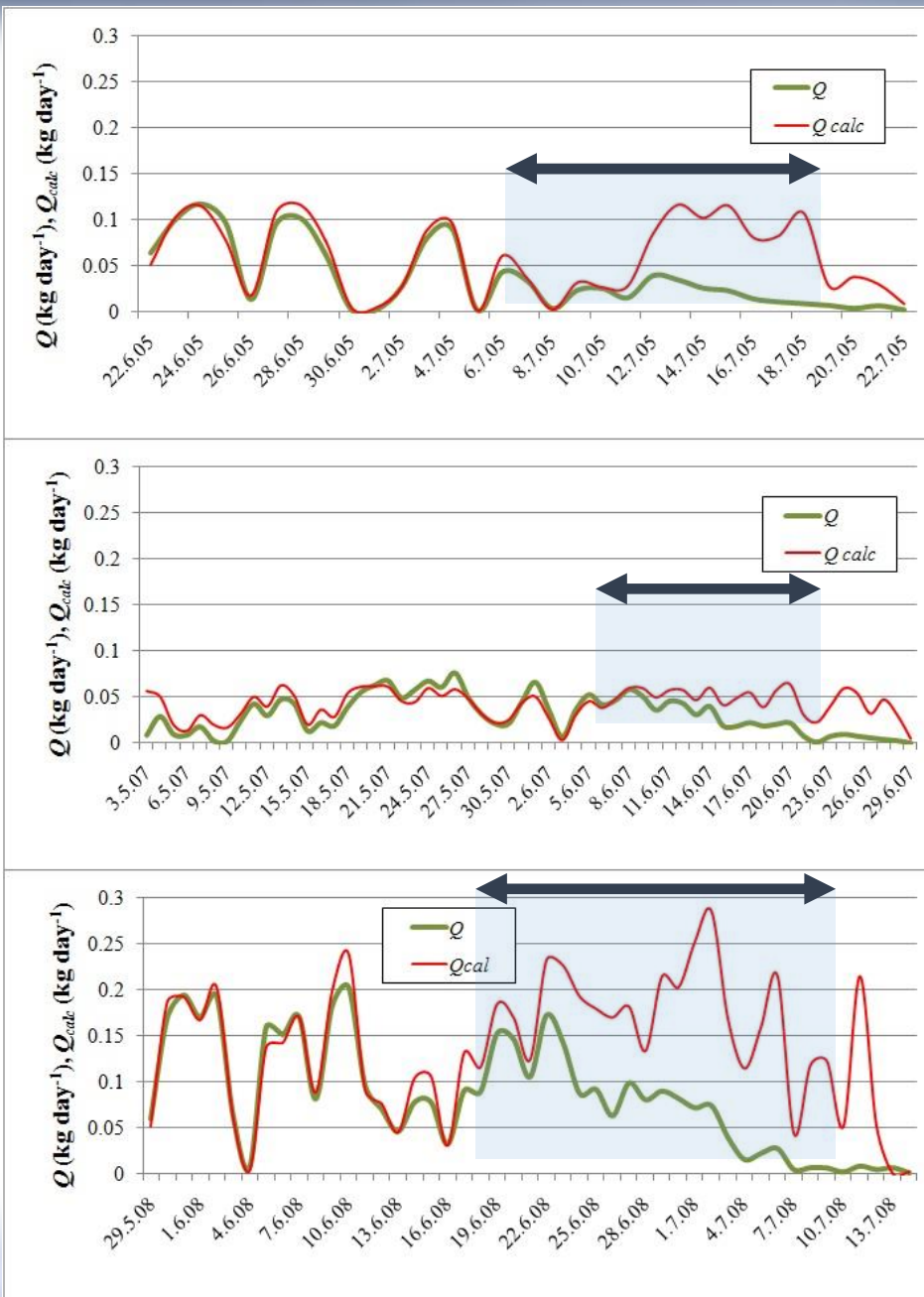


Účinnost využití vody (WUE)

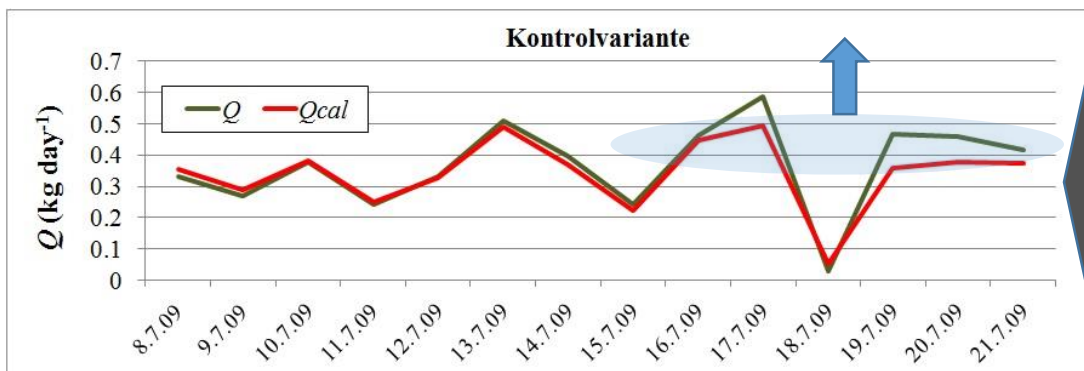


Průměrné denní hodnoty účinnosti využití vody (WUE, g/kg) u porostů kukuřice a široku v letech 2010 – 2012. Pro výpočet byly použity dny s denní sumou globální radiace ≥ 18 MJ/den.

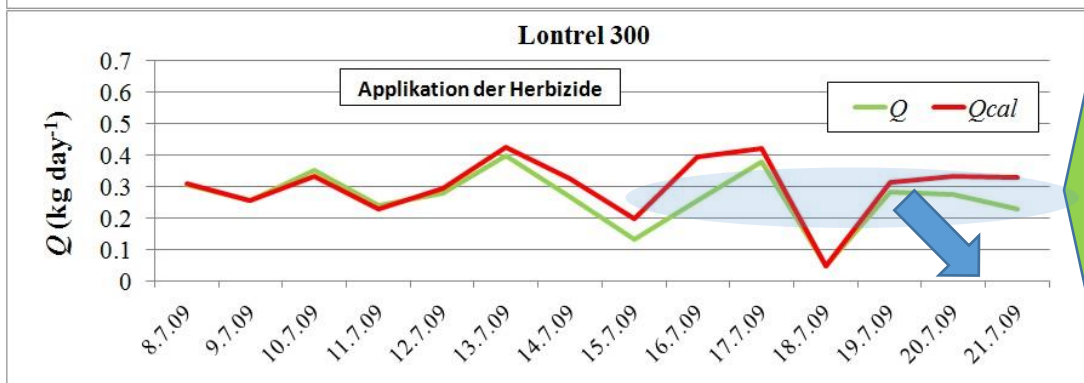
Průměrné denní hodnoty toku vody v rostlině řepky ozimé (Q a Q_{calc} , kg den^{-1}) v letech 2005, 2006 a 2008 a závislost Q (kg den^{-1}) na růstové fázi (BBCH)



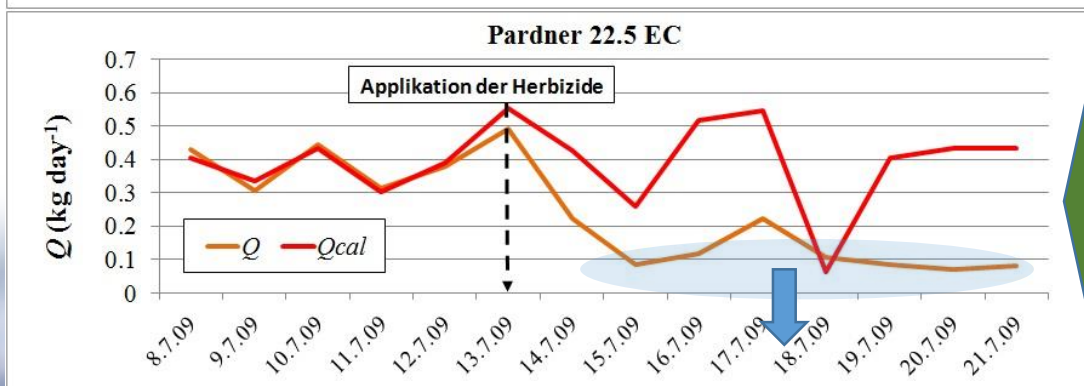
Vliv aplikace herbicidů na vláhové nároky rostliny (Q , kg den⁻¹) stanovená metodou sap flow, Q_{cal} (kg den⁻¹) je vypočtená hodnota pro období po aplikaci herbicidu



kontrola

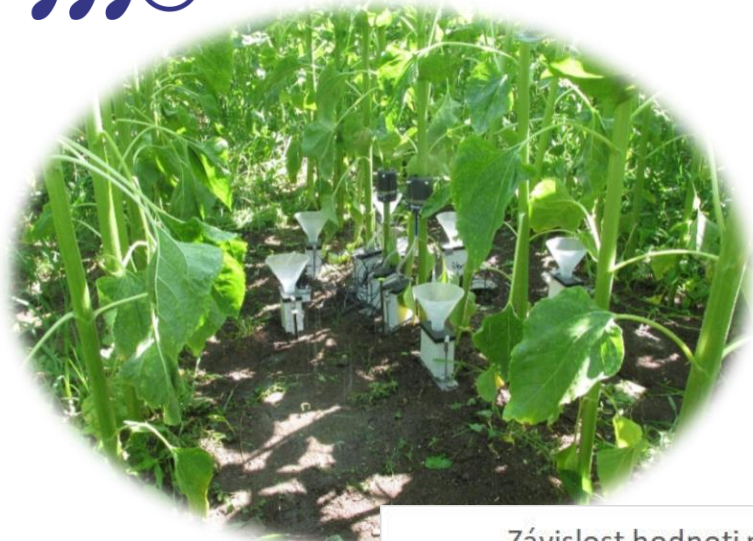


Lontrel 300, dávka 0,4 l/ha
účinná látka:
Clopyralid 300 g/l

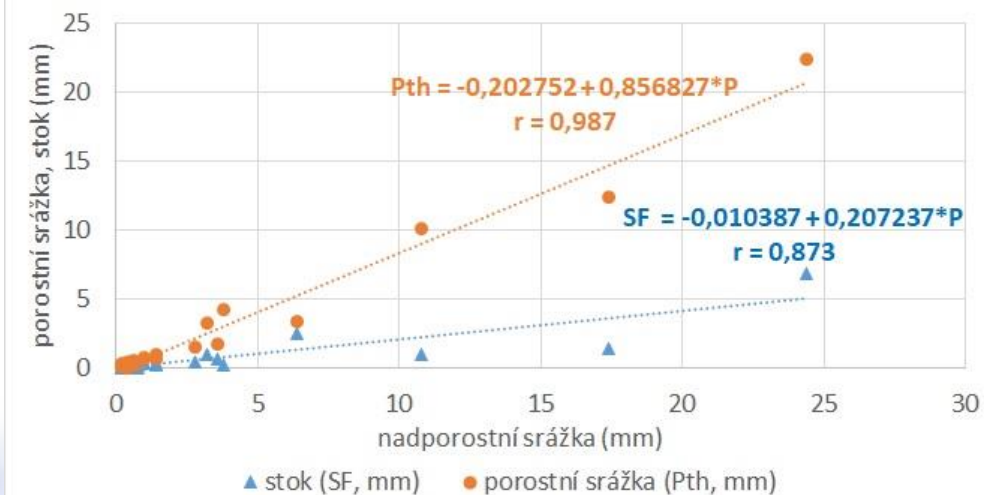


Pardner 22,5 EC , dávka 1,5 l/ha
účinná látka:
Bromoxynil 225 g/l

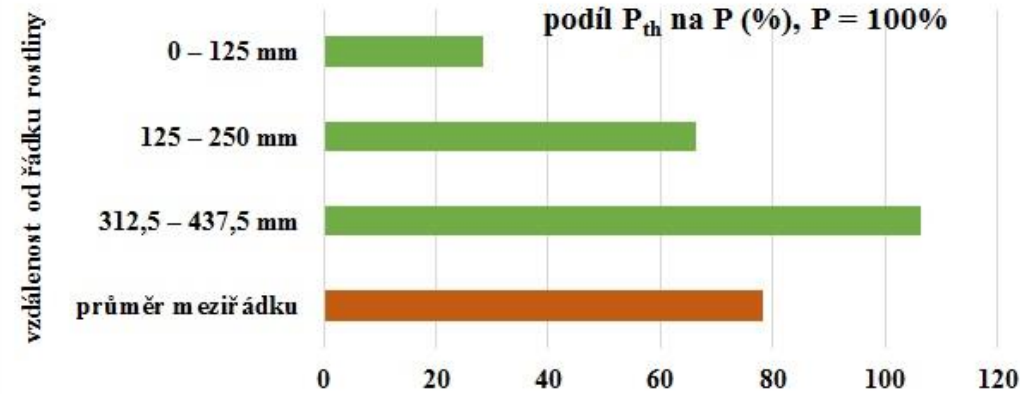




Závislost hodnoti porostní srážky (P_{th} , mm) a stoku (SF, mm) na hodnotě nadporostní srážky (P , mm)



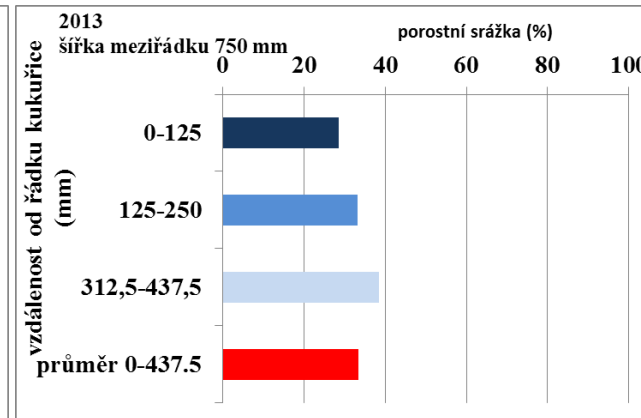
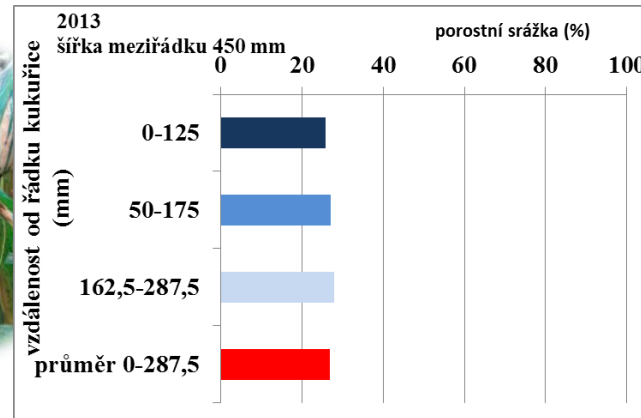
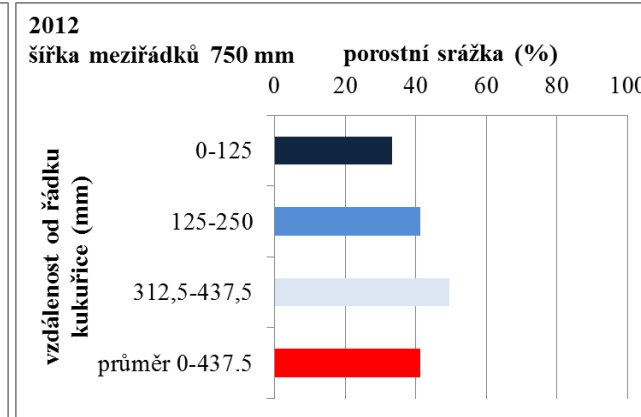
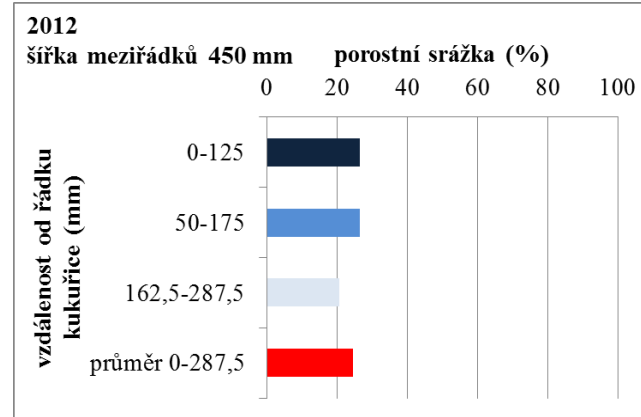
Podíl porostní srážky (P_{th}) na hodnotě nadporostní srážky (P) v meziřádku porostů



Procentuální podíl porostní srážky (P_{th} , mm) na hodnotě nadporostní srážky (P , mm) v jednotlivých zónách meziřádku

Závislost hodnot porostní srážky (P_{th} , mm) a stoku (SF, mm) na hodnotě nadporostní srážky (P , mm)

Porostní srážka - kukuřice



Průměrné hodnoty porostní srážky v hodnocených zónách v porostech kukuřice vyjádřené jako procentuální podíl z hodnoty srážky stanovené nad porostem (srážka nad porostem představuje 100 %)



Hospodaření s půdní vodou

- Základem jsou agrotechnická opatření – zvýšené respektování biologické podstaty rostlin a půdních mikroorganismů
- Zásadní požadavky na mimovegetační a vegetační období
- Podceňování řízené infiltrace a tvorba „infiltračních brzd“
- Součástí systémů diferencované kypření a hnojení
- Systémy výživy z hlediska lokální koncentrace vody do depa = cílená práce s půdní mikroflórou
- Systémové řešení ve vztahu k půdnímu bloku
- Musí navazovat na globální řešení z hlediska hierarchie vyšších plošných celků – jednoznačně definované krajinné prostory (skupina půdních bloků, mikroregiony, makroregiony apod.)

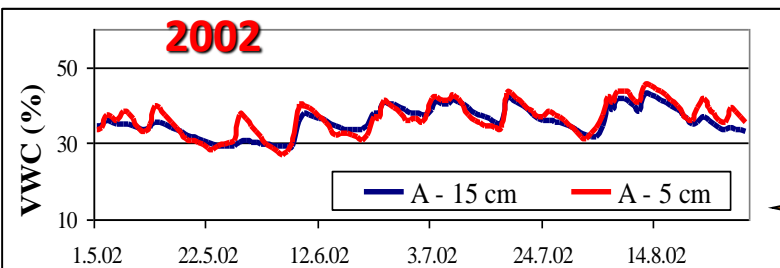
**IMPLEMENTACE BIOLOGICKÝCH PRINCIPŮ = VYSOKÁ VARIABILITA POSTUPŮ
???? DOSTATEK PŘESNÝCH INFORMACÍ – MNOHO BLOKUJÍCÍCH FAKTORŮ (např. LEGISLATIVA)**

Zásadní otázky?

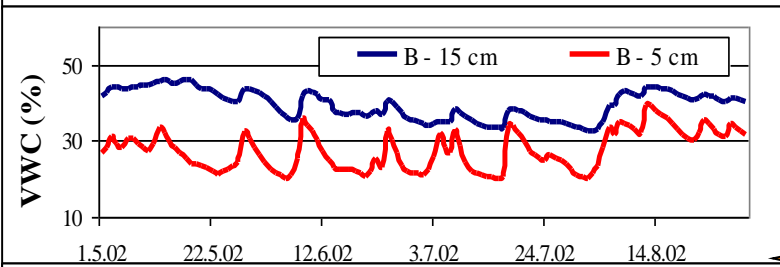
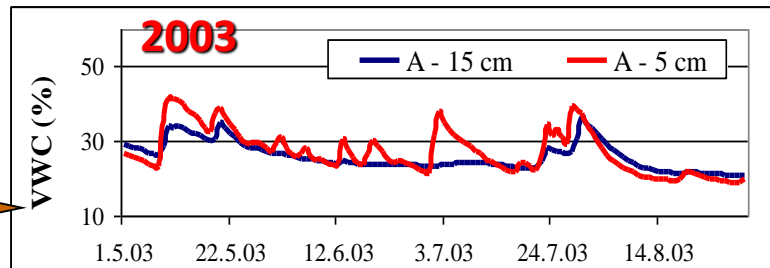
- **Z hlediska agrotechnických postupů je potřebné znát predikci a provádět podrobný monitoring změn - krátkodobé?**
- **Predikce globální změny na globální úrovni je primární signál.**
- **Nelze specifikovat co to pro zemědělství znamená, ale jak na to zemědělství působí.**
- **Zatím těžko uchopitelná pro změny, ale i pro přechodné procesy.**

Hospodaření s půdní vodou - modelové situace

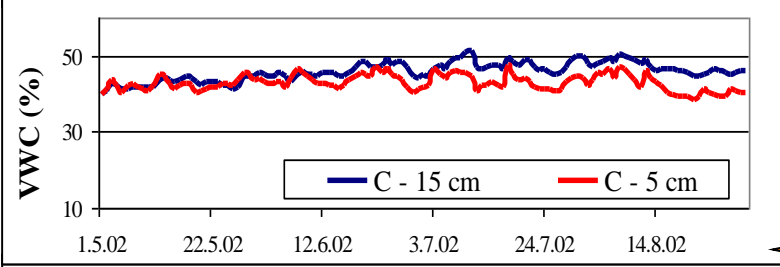
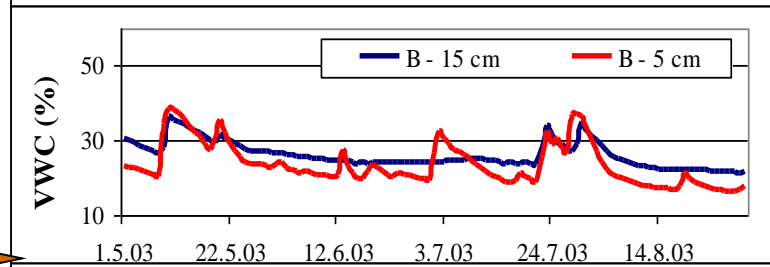
Vliv porostů
a zpracování
půdy na
objemovou
vlhkost půdy
(VWC, %)



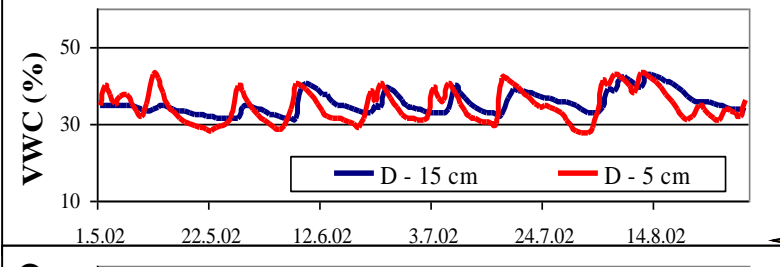
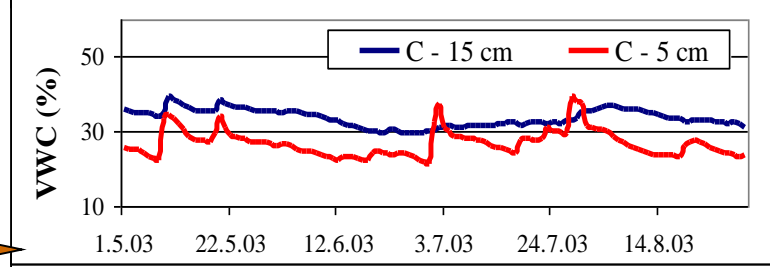
A – černý úhor



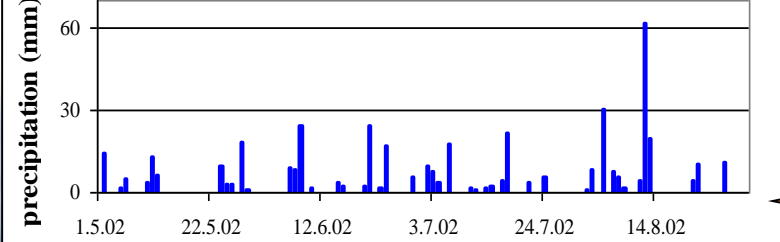
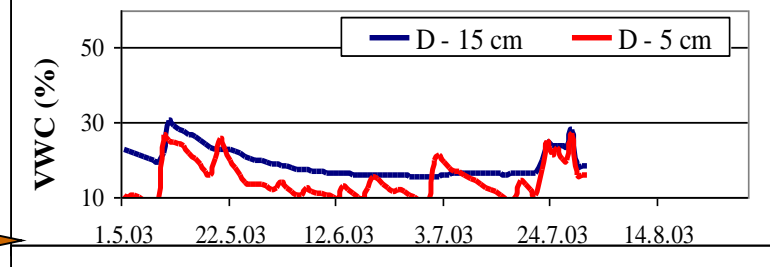
B – cílené
ozelenění (*jetel
plazivý a srha
laločnatá*)



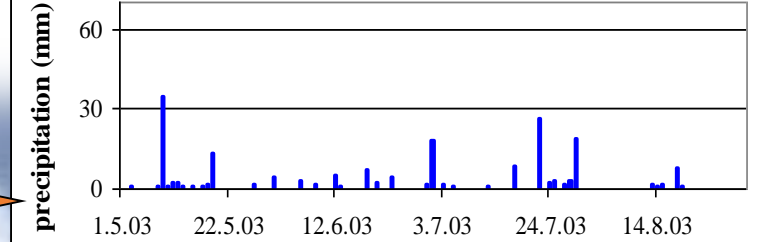
C – spontánní
úhor



D – orba
2002 řepka oz.
2003 pšenice oz.



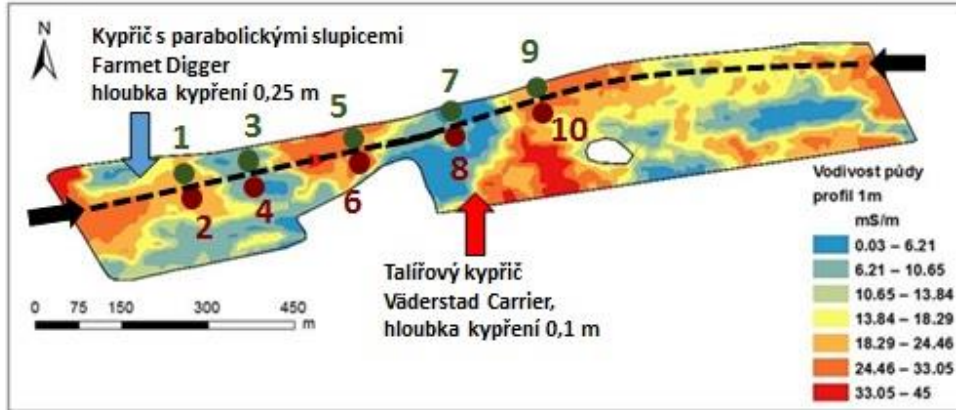
srážky



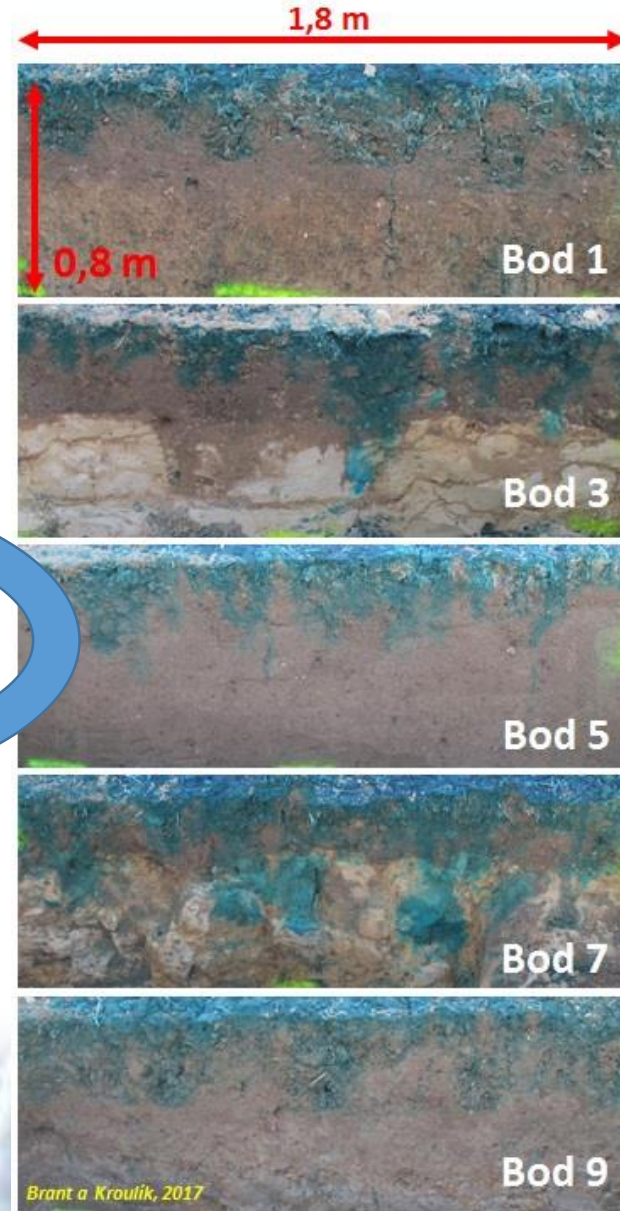
Prostorová variabilita infiltračních procesů na půdním bloku ve vztahu ke zpracování půdy

Grafické znázornění půdních profilů na plochách zpracovaných kypřičem Digger do hloubky 0,25 m (body 1, 3, 5, 7 a 9). Modrá barva dokumentuje infiltraci vody. Na obrázcích jsou patrné rozdíly v rámci horizontálního členění půdního profilu i vliv kypřičích dlát na tvorbu preferenčních cest infiltrace. Rozteč mezi dlátý je 0,42 m.

Mapa vodivosti půdy stanovená 14.3.2017 na lokalitě Řisuty. Číslice 1 až 10 ukazují pozice, kde bylo provedeno stanovení modré infiltrace a měření penetračního odporu půdy 14.3.2017. Černá čárkovaná čára odděluje hranici mezi systémy zpracování půdy.

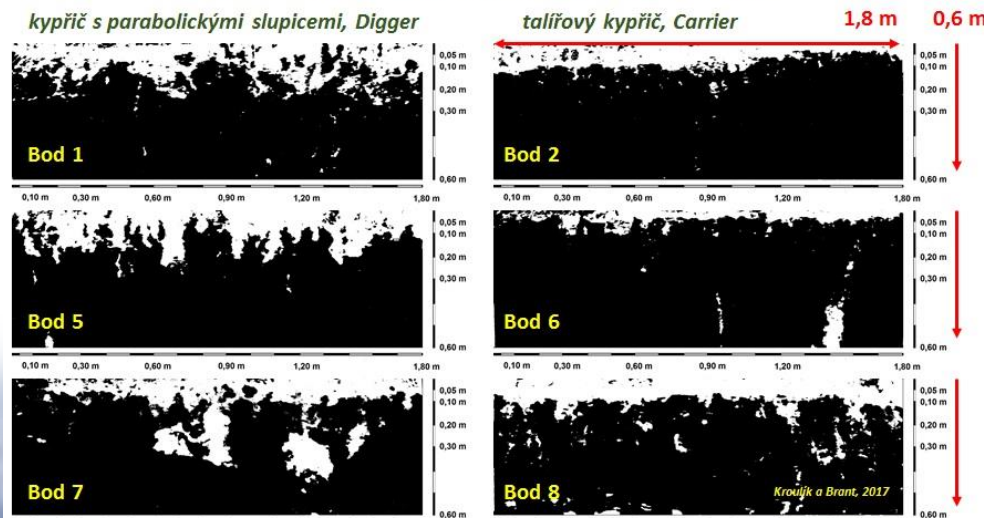


Půdní blok

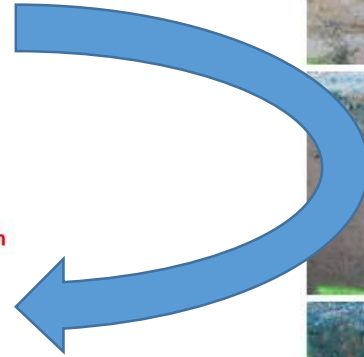


Variabilita infiltrace

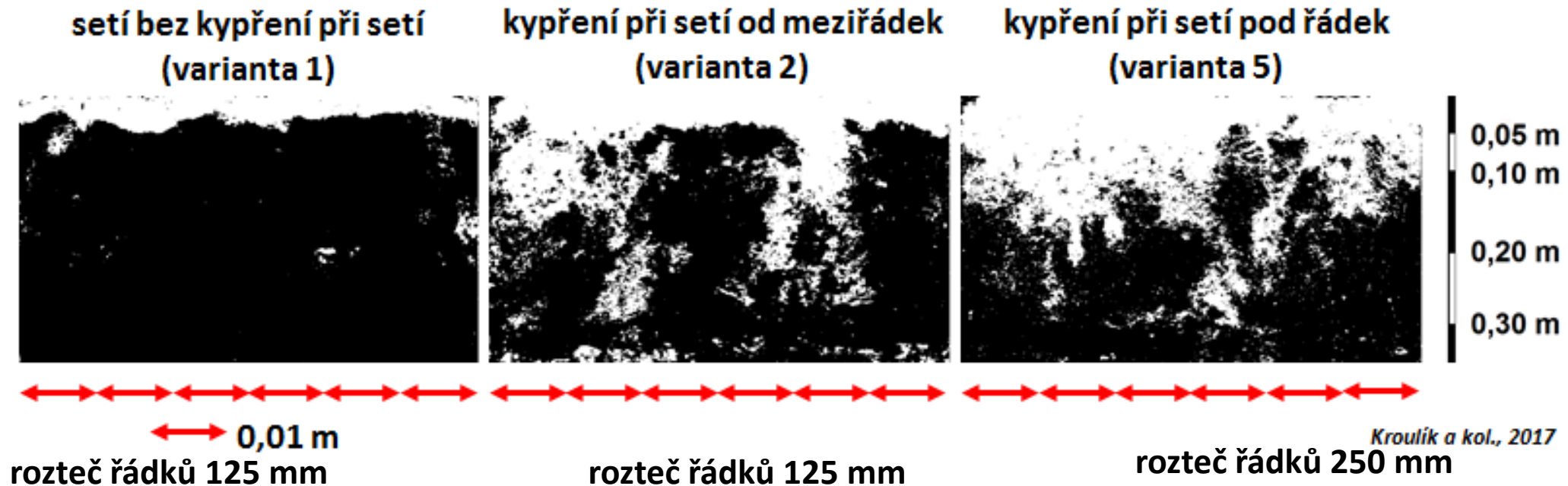
Infiltrace vody do půdy v závislosti na zpracování půdy na vybraných bodech pozemku (14.3.2017). Bílá barva dokumentuje zóny infiltrace.



Zpracování půdy



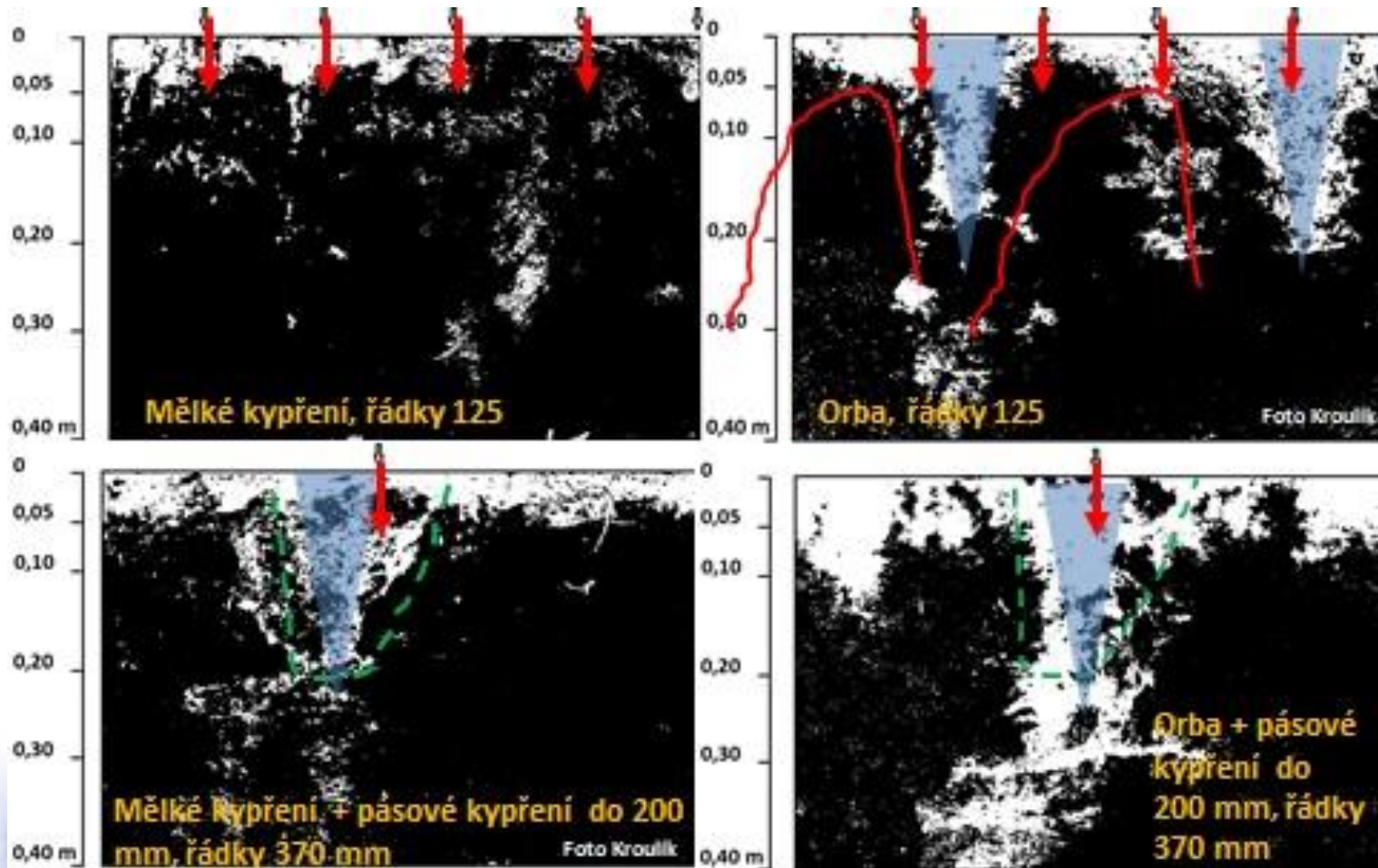
Modifikace seťového lože – infiltrace



Vliv tvorby seťového lože na infiltraci vody do půdy na variantách 1, 2 a 5, dne 23.4.2017 stanovený metodou modré infiltrace. Množství modré barvy odpovídalo srážce 40 mm. Bílá barva dokumentuje místa infiltrace modré barvy do půdního profilu.

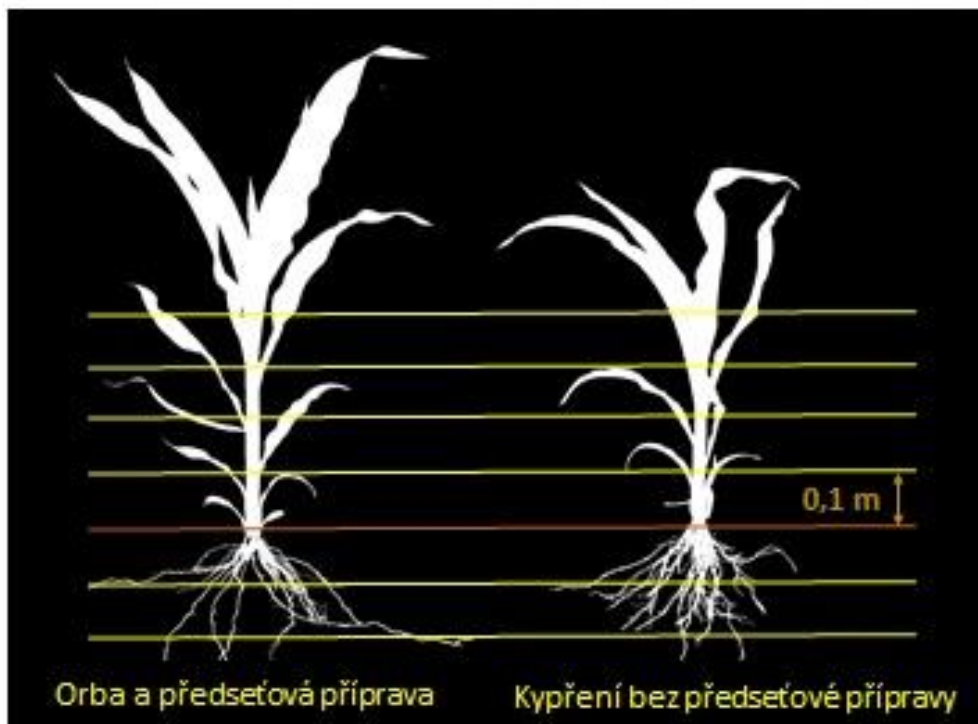
Vliv zpracování půdy na hodnoty modré infiltrace

Bílá barva představuje plochy s infiltrovanou modrou barvou



Vliv technologie zpracování půdy na porosty

Vliv technologie zpracování půdy na porosty



17.6.2016
 Biomasa rostliny:
 Orba s předsetovou přípravou = 100%
 o 20 – 65 % nižší hmotnost (kypření a trip till)

1.9.2016
 Sklizeň na siláž:
 18,8 až 24,3 t suché hmoty na ha (kypření a trip till)
 Orba s předsetovou přípravou = 23,5 t/ha

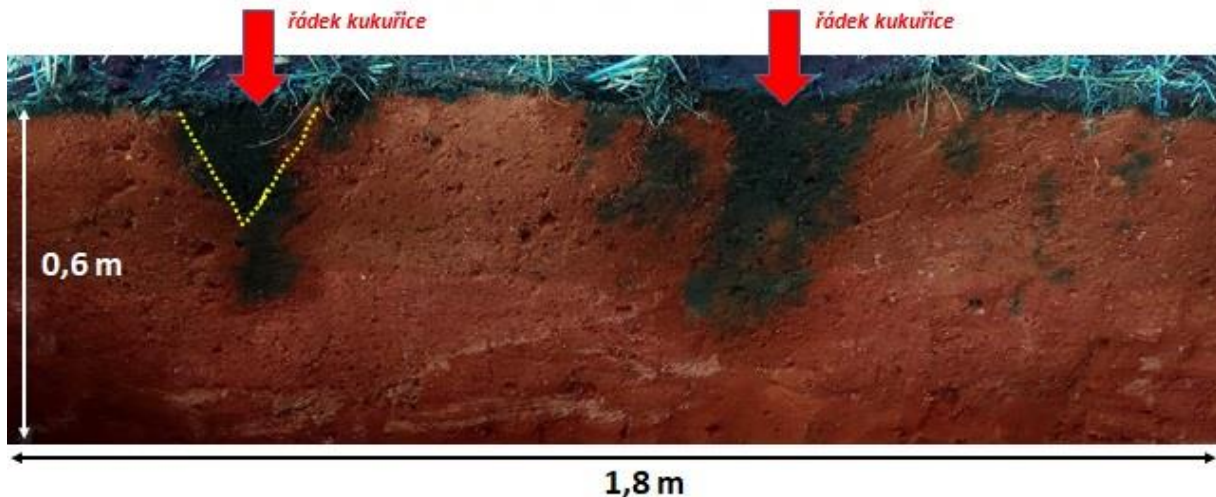


Srážka	Suma (mm)
nad 10 mm	103.6
5 - 10 mm	75.8
pod 5 mm	57.9
1.4. - 31.8.2016	237.3

Srážka	Suma (mm)
nad 10 mm	34.7
5 - 10 mm	56.3
pod 5 mm	78.9
1.9.2015 - 31.3.2016	169.9

Stejný obecný princip – jiný výsledek

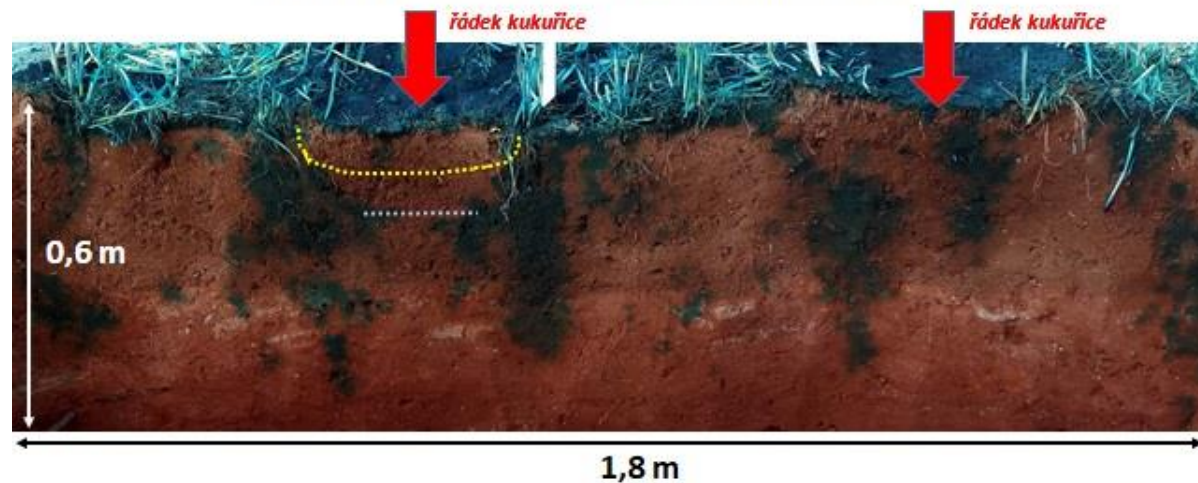
Pásové zpracování půdy (Kultistrip)



žlutá tečkovaná čára dokumentuje vliv práce kypřící radlice

Brant a Kroulík, 2018

frézové pásové zpracování půdy (Rotor Strip Till)



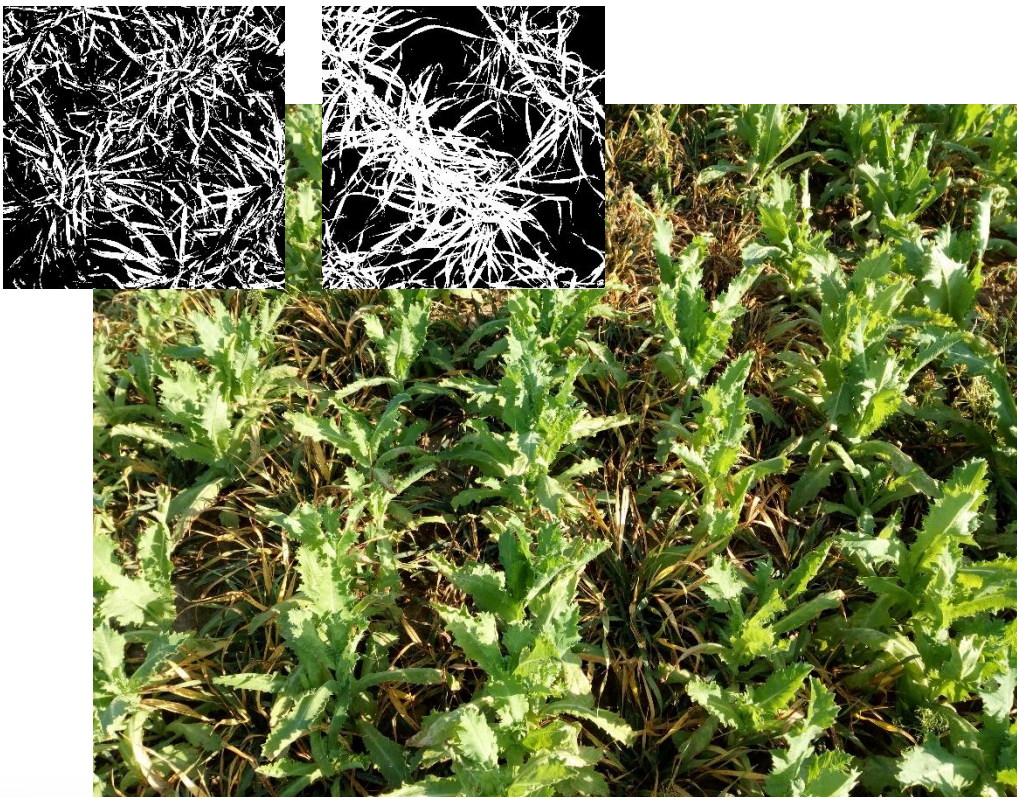
žlutá tečkovaná čára dokumentuje vliv práce půdní frézy a světlemodrá vliv kypřící radlice

Brant a Kroulík, 2018

Biologické principy



Biologické principy

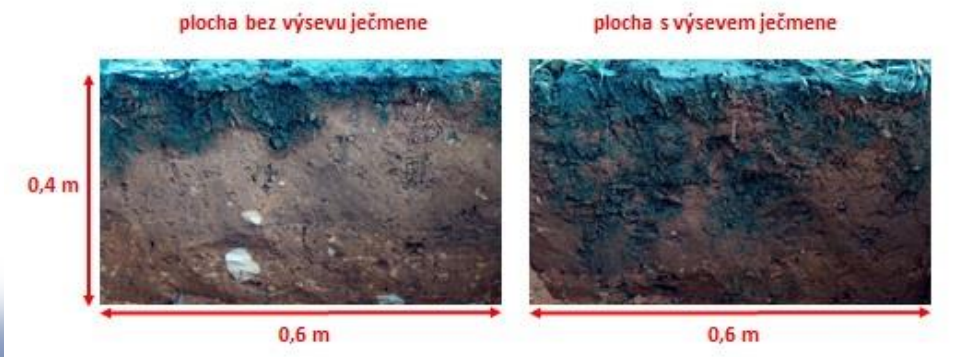


Stav porostů máku na půdním bloku 2 stanovený 31.5.2018
(foto Brant)



Prokořenění půdního profilu na ploše s ječmenem jako pomocnou plodinou (foto Brant)

Infiltrace vody do půdy na plochách s mákem polním



Infiltrace na kontrolní ploše bez přítomnosti ječmene a na ploše s ječmenem (foto Kroulík)

Projevy a metody detekce vodního stresu

Kde budeme měřit?

Jaké přístroje máme k dispozici?

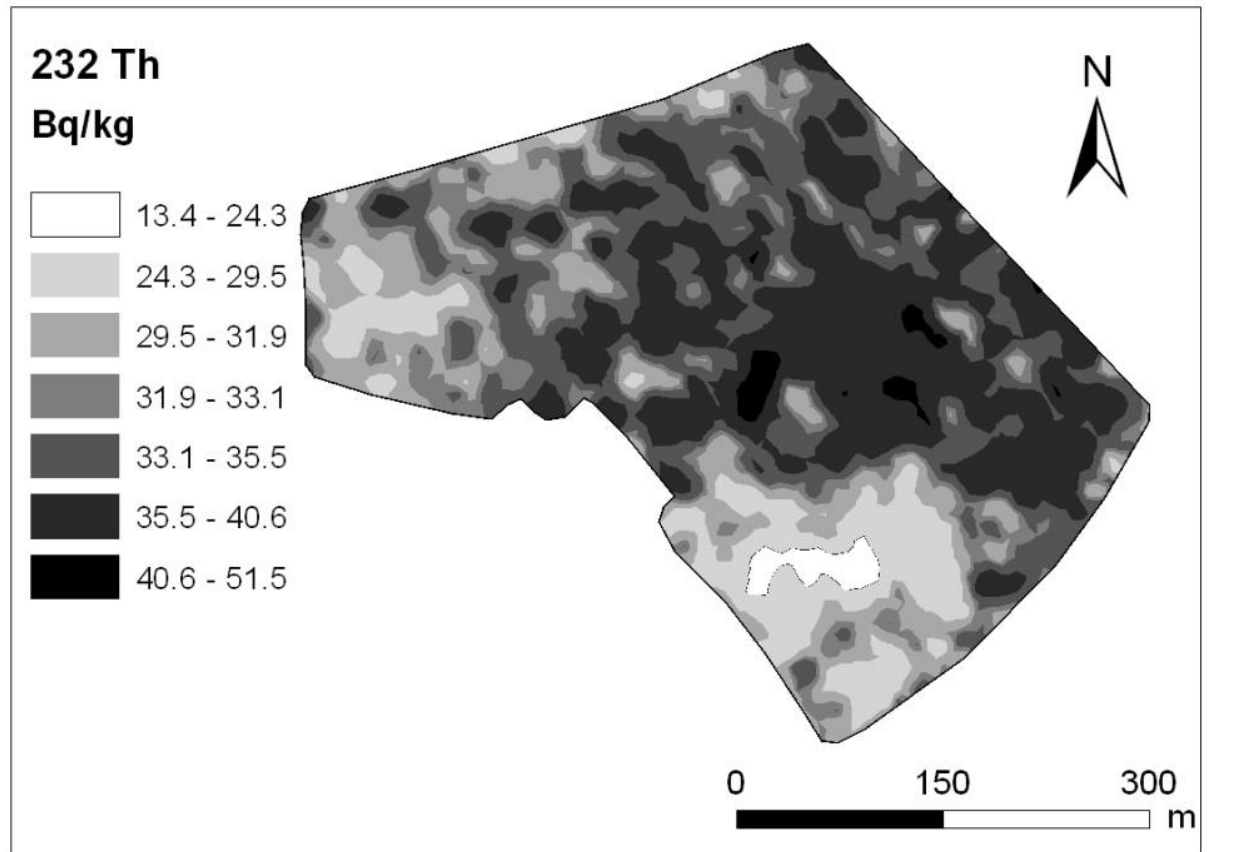
Fyzikální vlastnosti půdy

Optické vlastnosti sledovaných objektů

	Typ senzoru							
	Gama-zářeni	Rentgenové záření	Optický	Mikrovlnný	Rádiové vlny	Elektrický	Elektrochemic ký	Mechanický
Půdní vlastnosti								
Fyzikální vlastnosti								
Barva			D					
Vlhkost	D		D	D	D	D		I
Vodní potenciál	I					D		I
Zrnitostní složení	I		I		I	I		I
Jílové minerály	I	D	D			I		I
Odpor půdy								D
Objemová hmotnost	I		I		D			I
Pórovitost								D
Hloubka prokořenění					I			D

Půdní vlastnosti stanovitelné senzorem přímo (D) a nepřímo (I). (Adamchuk 2011, upravil Kroulík)

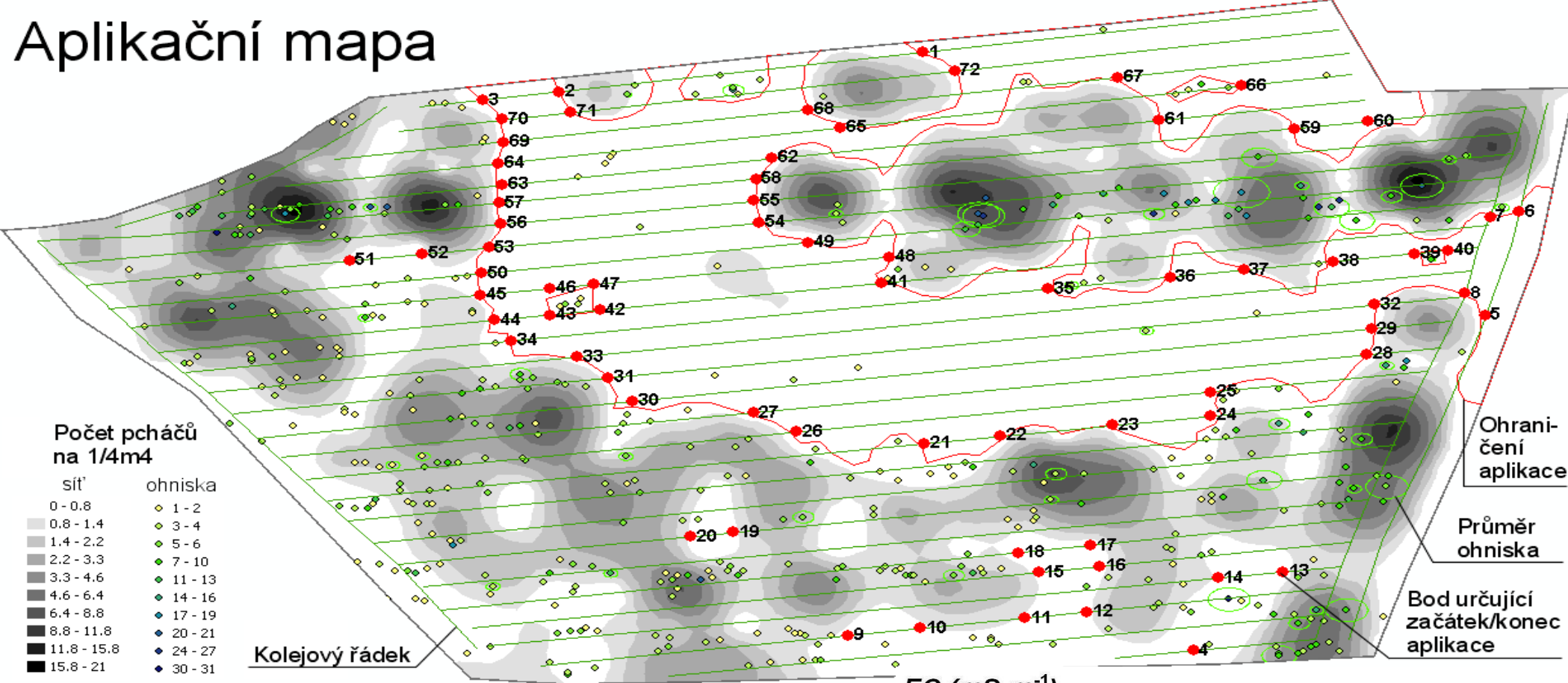
Gama spektrometr



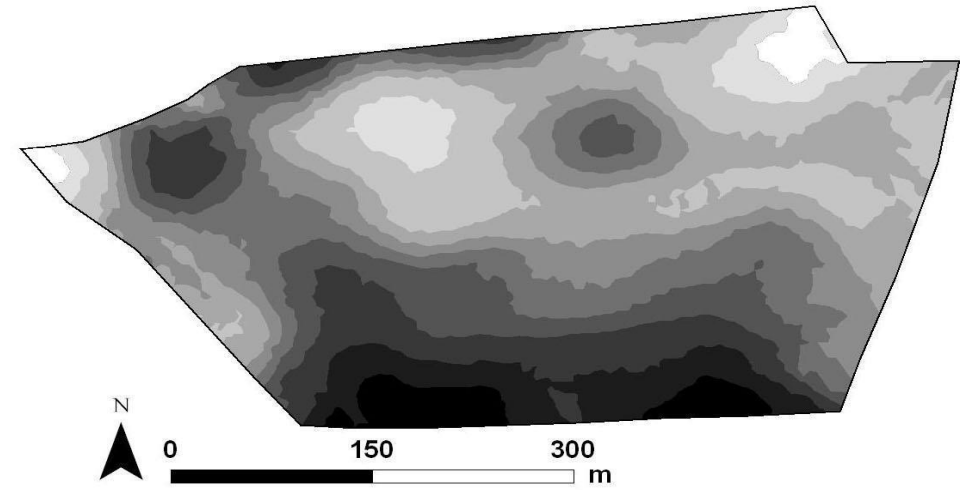
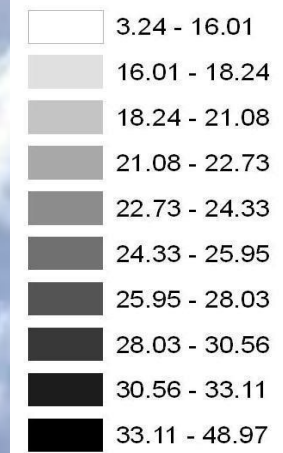
Výsledky pokusů s technologiemi precizního zemědělství v Nizozemí (van Egmond a kol. 2010)

aplikace	Základní údaje	Požadovaný efekt	zkušenosti
Variabilní vzdálenost rostlin	Zastoupení jílovitých částic, zadržetí vody	Vyrovnané výnosy a velikosti hlíz brambor. Snížení výsevku.	5 % ztráta až 15% navýšení zisku. 13% redukce nákladů při zakládání porostu
Variabilní hnojení	Zastoupení živin a zastoupení jílovitých částic	Úspora hnojiv a navýšení výnosu	60% úspora hnojiv Navýšení výnosu konzumních brambor
Variabilní aplikace kompostu	Obsah organické hmoty	Snížení rozdílu obsahu organické hmoty.	Zlepšení půdní struktury
Variabilní vápnění	pH a organická hmota	Vyrovnané pH	Navýšení výnosu cukrové řepy
Kontrola výskytu hlístic	Výskyt háďátek	Snížení použití přípravků	40 – 60 % úspor chemikálií
Rozdílná pojezdová rychlost při zpracování půdy	Riziko zhutnění	Menší zhutnění při zpracování půdy.	Významné snížení energetické náročnosti
Variabilní zpracování půdy	Vlhkost, zrnitostní složení	Úspora energie	Snížení nákladů na zpracování půdy 31 %

Aplikační mapa



$EC_a (mS m^{-1})$



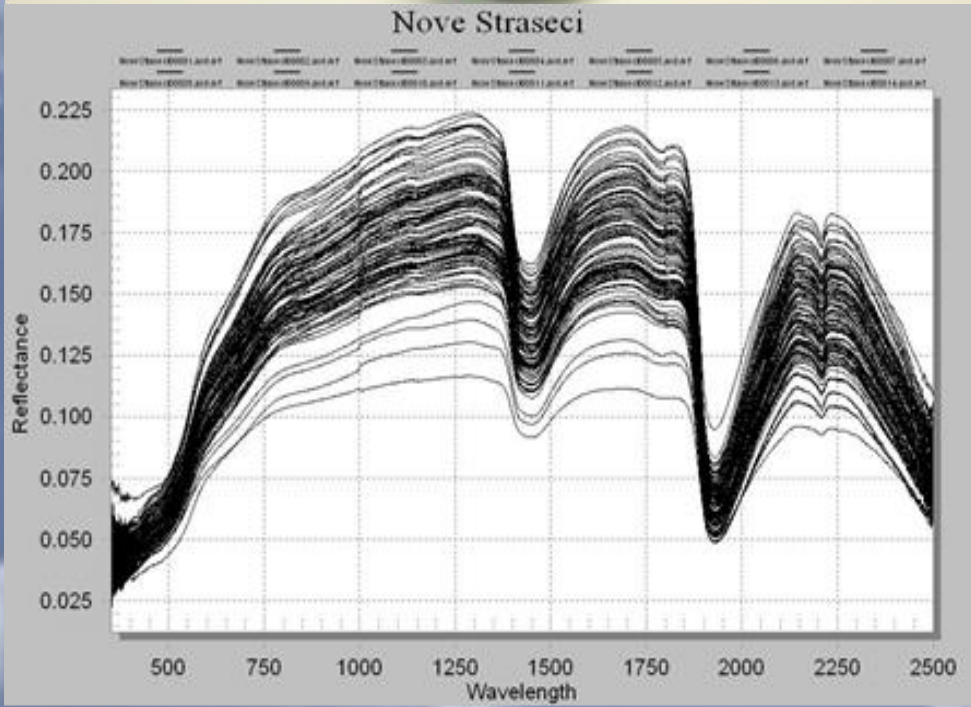


System pro mapování vodivosti půdy Veris

Sonda půdní vodivosti EM 38 a měřicí souprava



Laboratorní měření se spektrometrem FieldSpec® 3

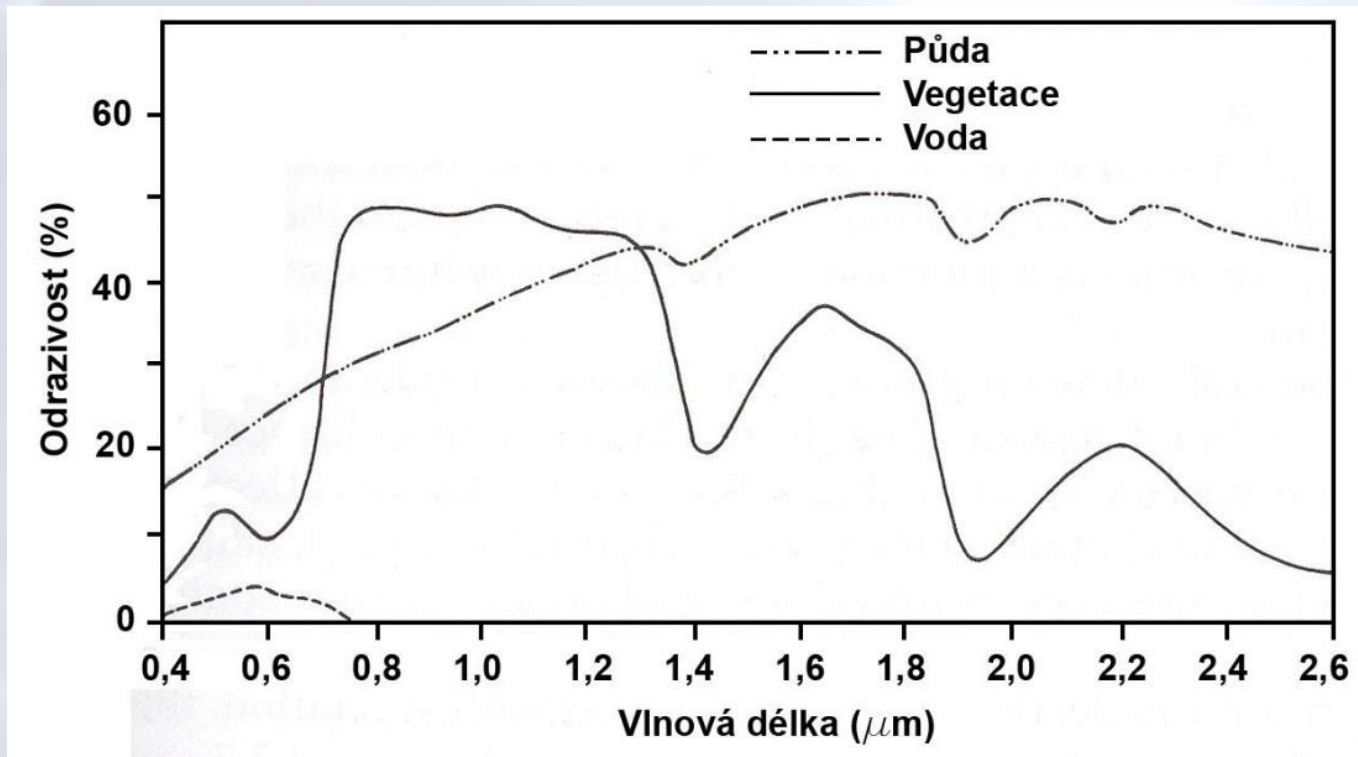


Křivky odrazivosti

Tvar této křivky je jedinečný jak pro sledovaný objekt, je však ovlivňován i jeho stavem nebo kondicí.

Chlorofyl silně absorbuje záření v oblasti spektra od 0,45 μm do 0,67 μm (modrá a červená barva), ale zelenou barvu silně odráží.

Pokud je vegetace stresována, obsah chlorofylu se snižuje. Tato skutečnost se projeví na poměru pohlcené a odražené energie. Především odrazivost červené složky se zvyšuje a výsledek je žloutnutí listů (kombinace zelené a červené).



ADC Micro Camera Tetracam



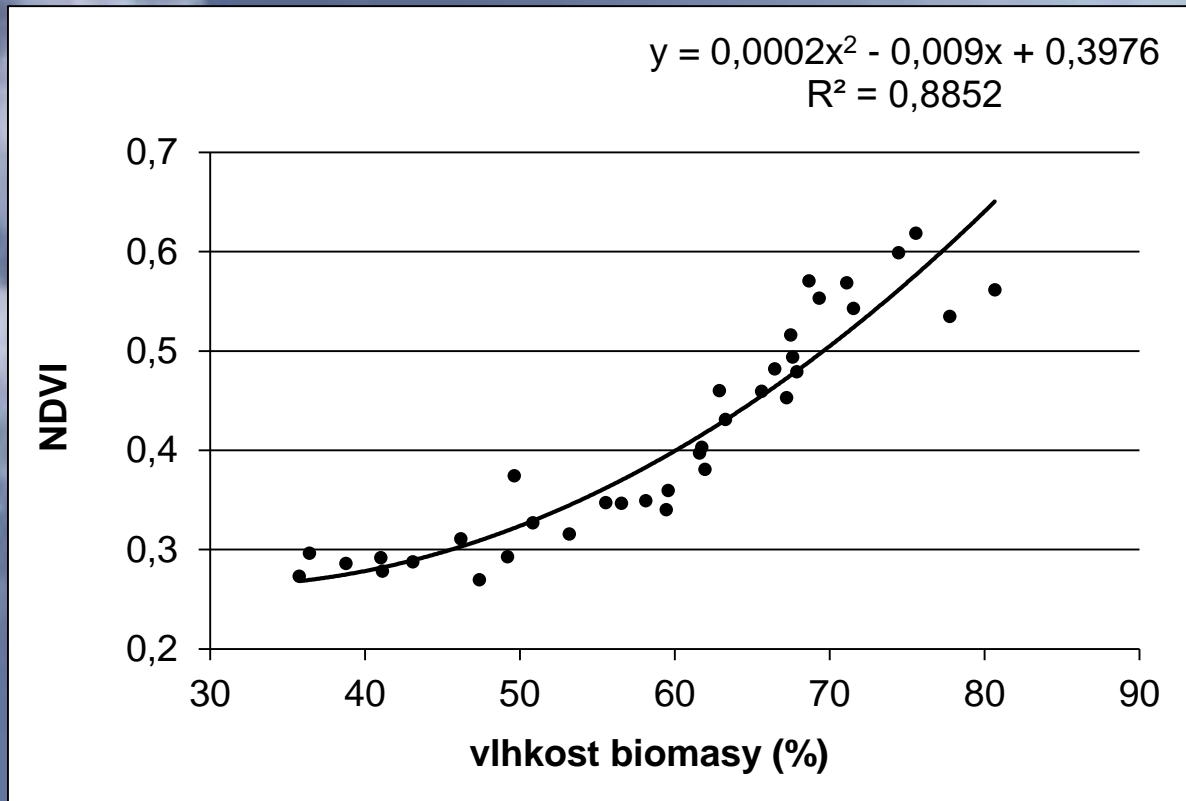
- Snímkování vyznačených ploch řepky v různém stupni zralosti



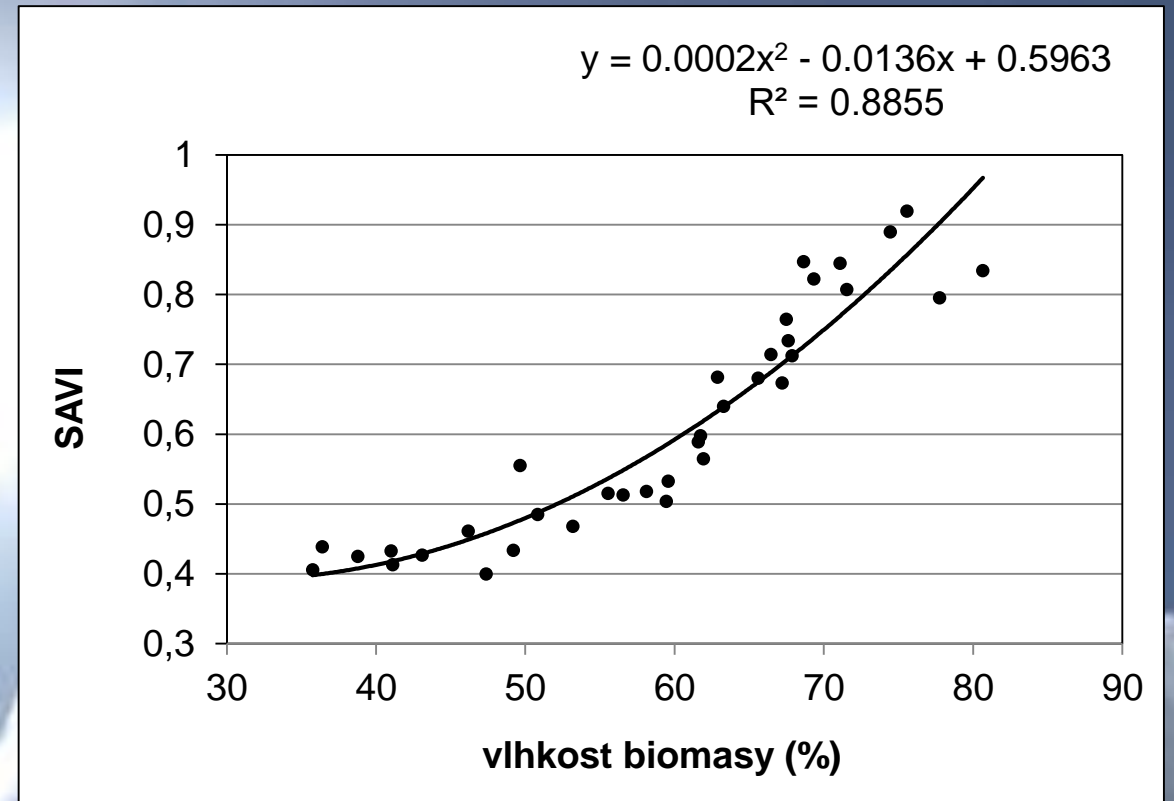
NDVI index

Detekce zralostního stavu

NDVI

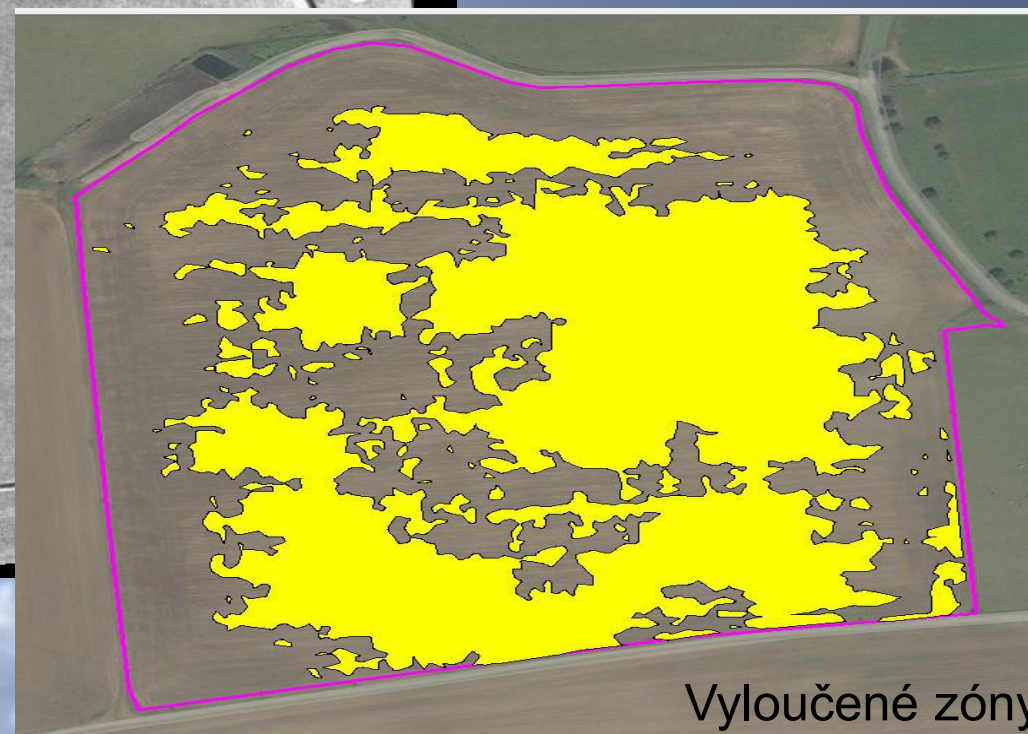
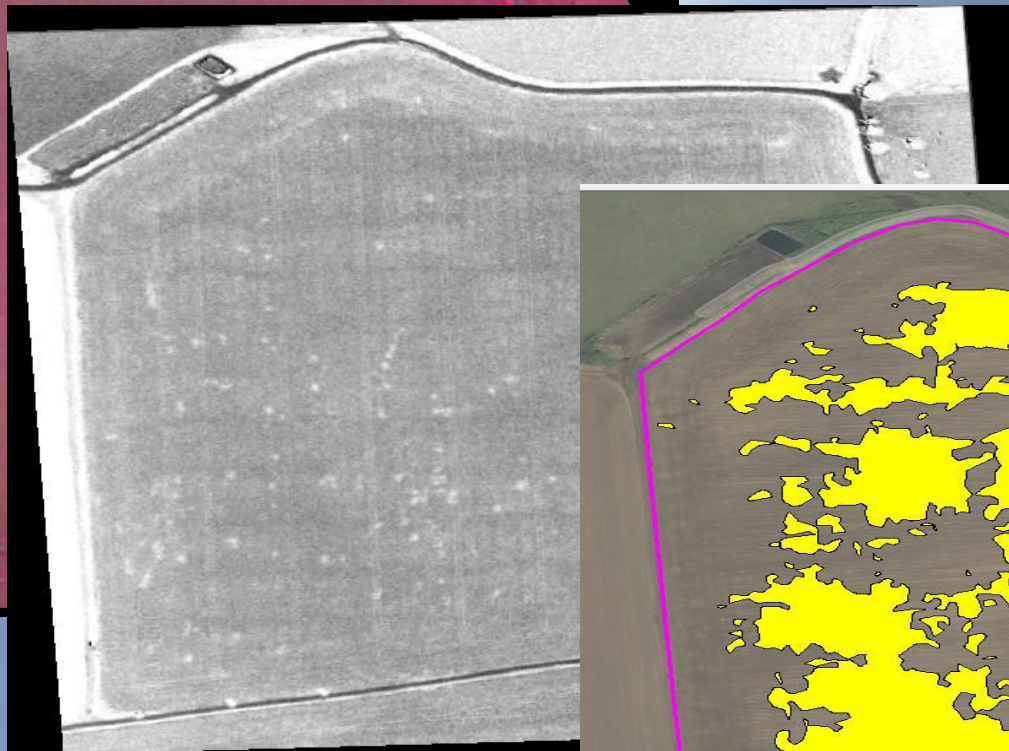
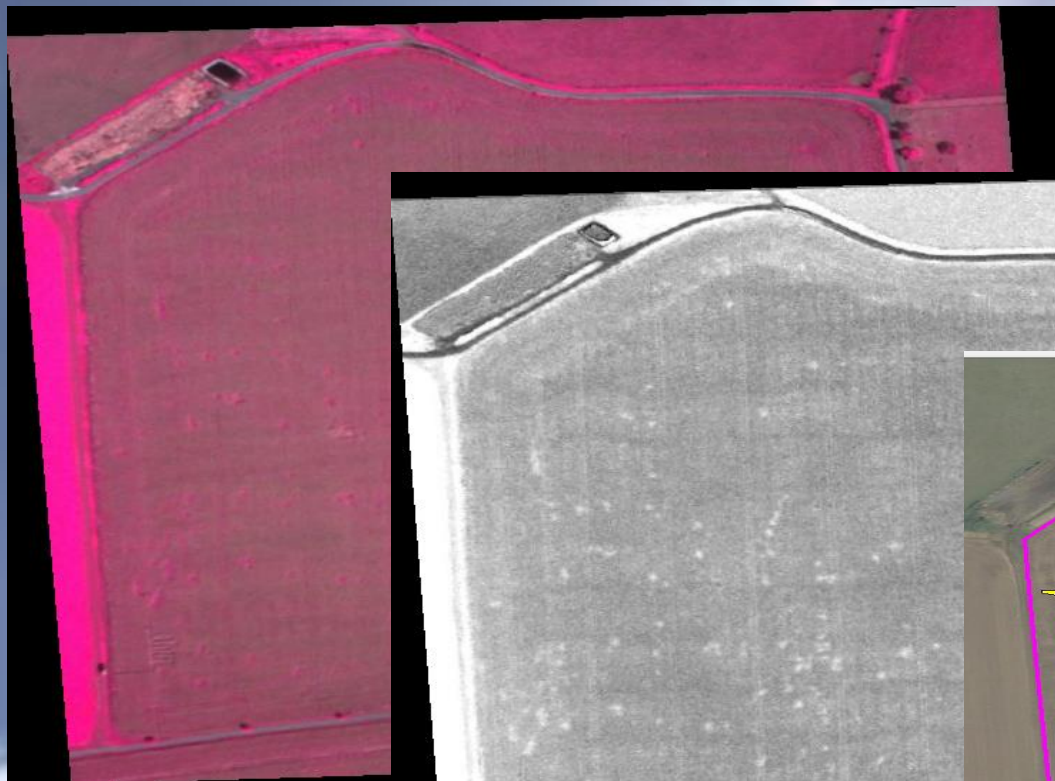


SAVI





**Ohnisková desikace řepky ozimé dle NDVI indexu
změřeného kamerou na UAV,
aplikace systémem Trimble Field-IQ – vyloučené zóny**



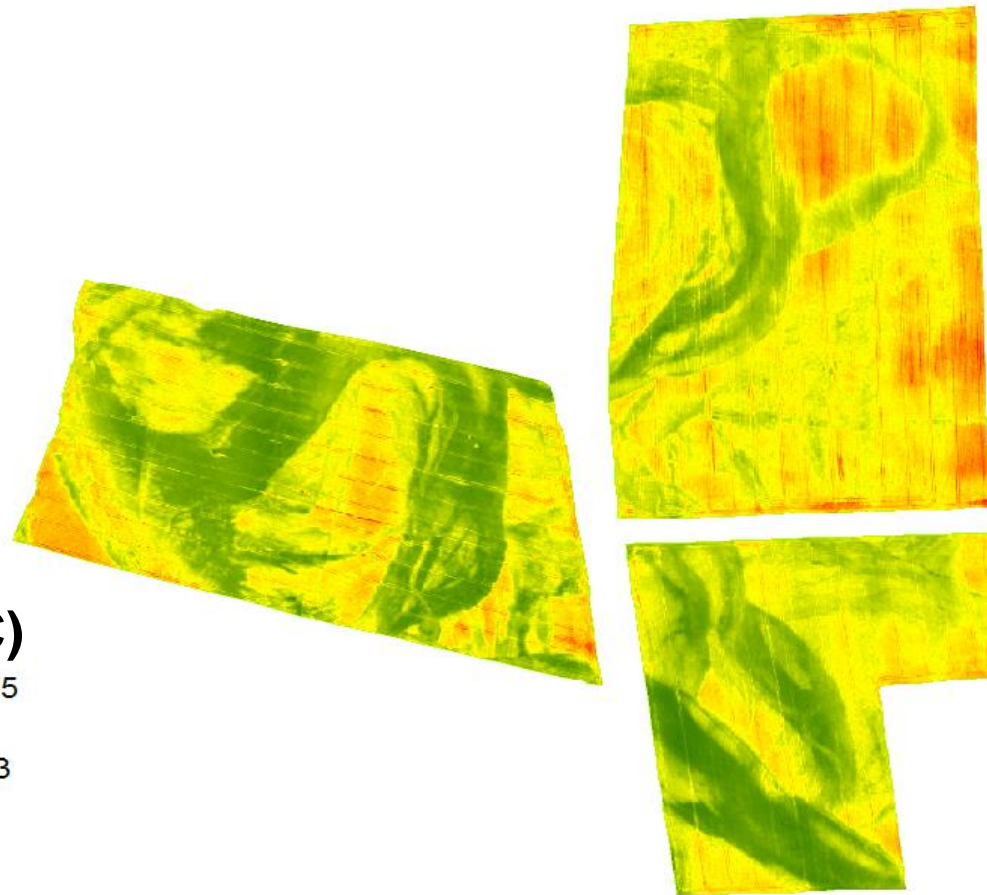
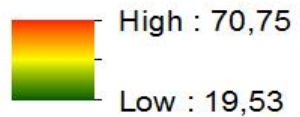
Vyloučené zóny

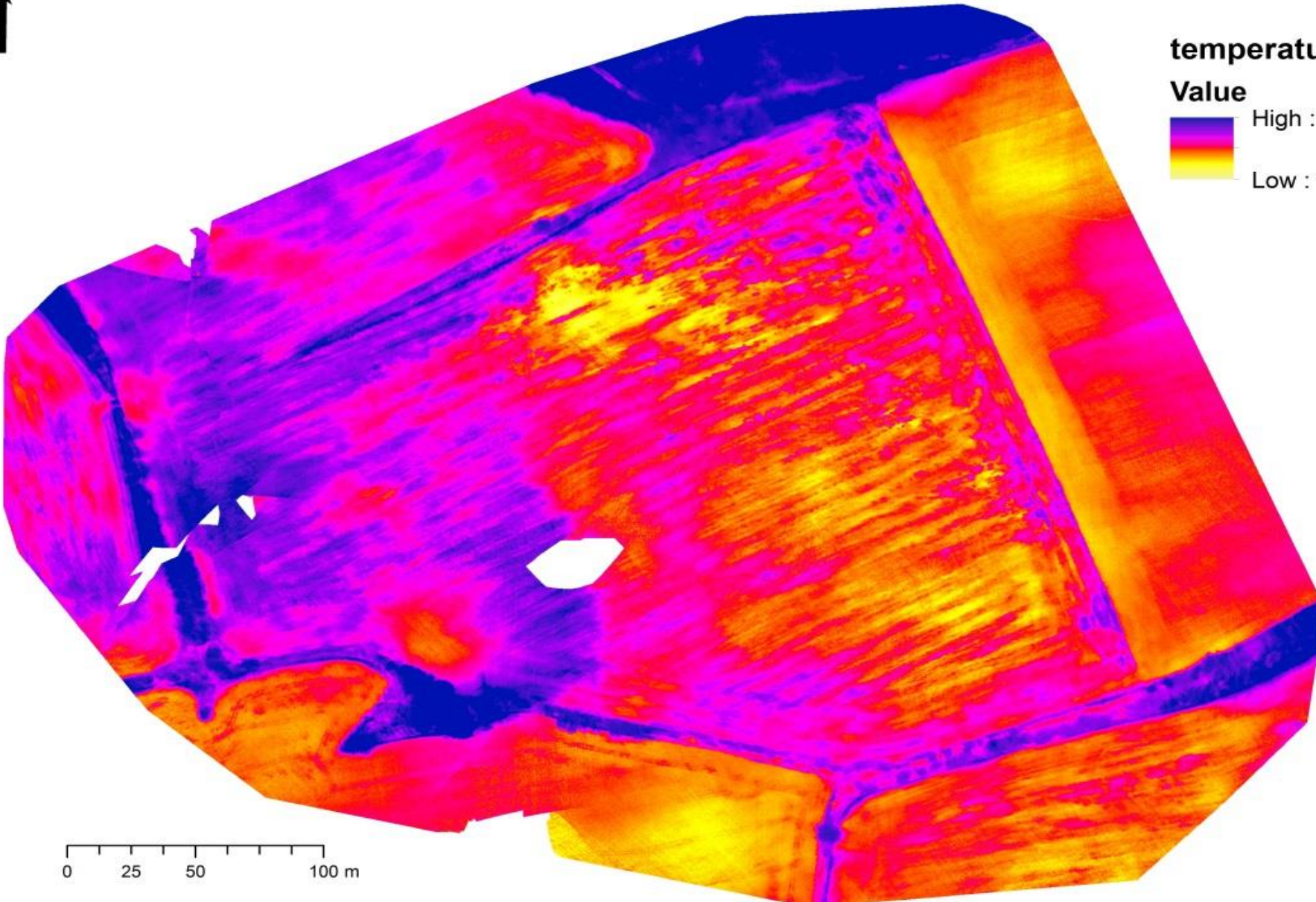
Snímkování pomocí termokamery

- eBee osazený přístrojem thermoMAP (FLIR TAU2)



Teplota (°C)





temperature [°C]
Value
High : 16
Low : 12

0 25 50 100 m

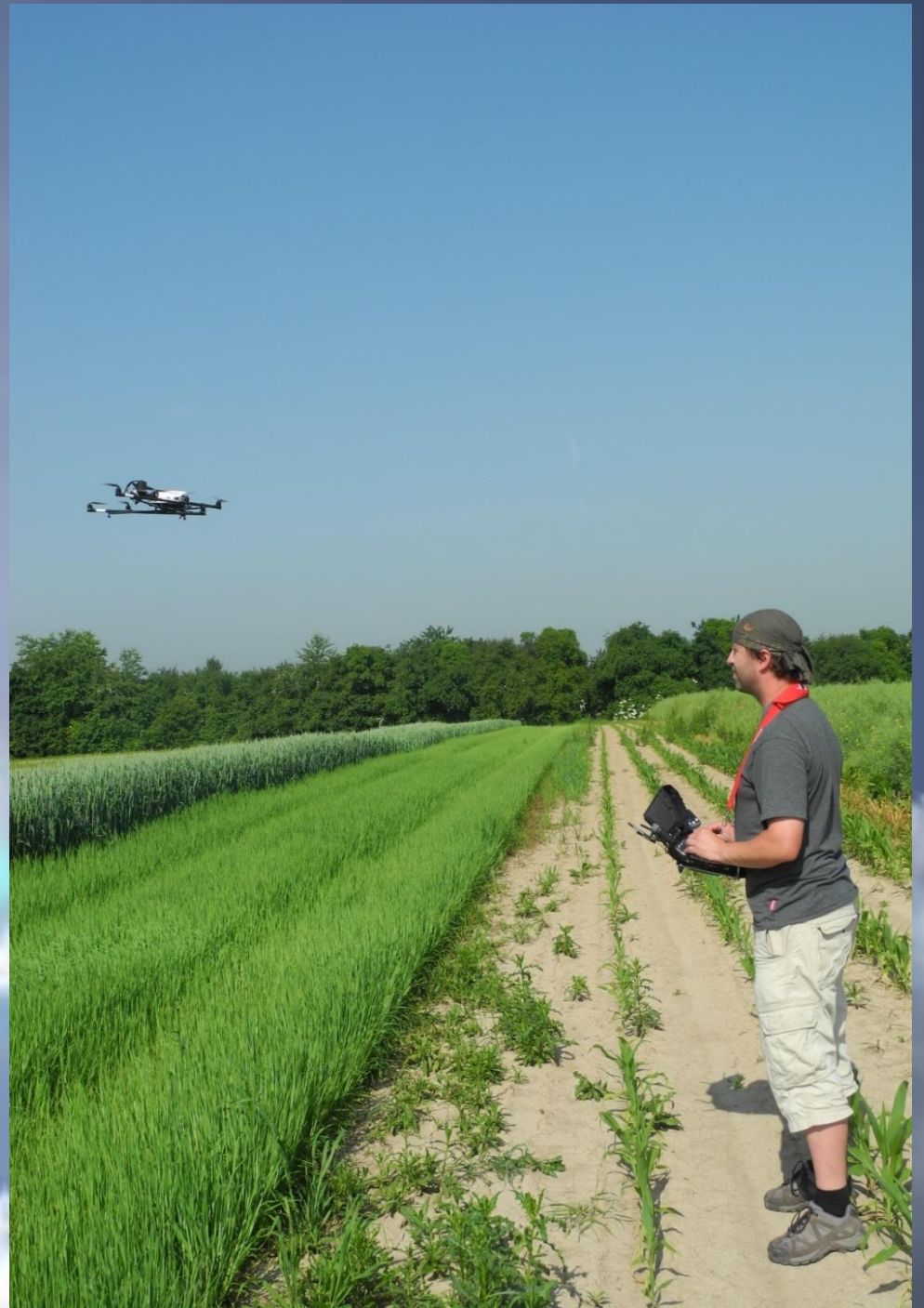


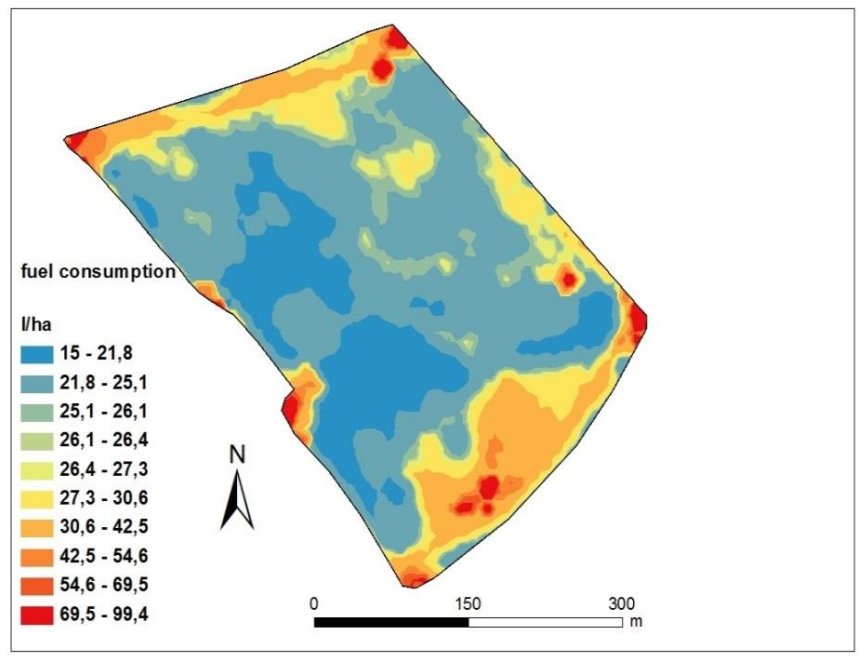
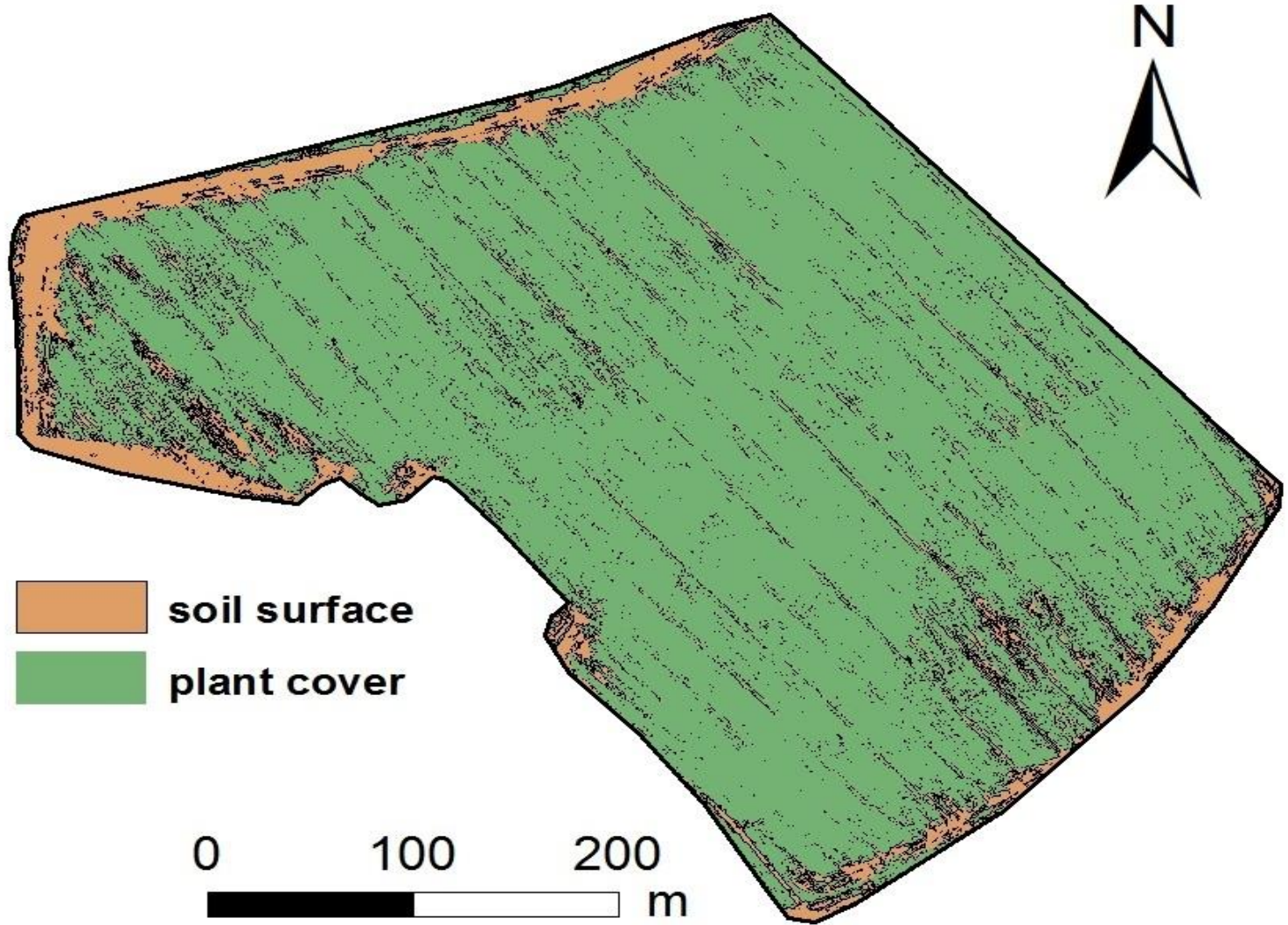
Vegetační indexy pro detekci vodního stresu

Photochemical reflectance index

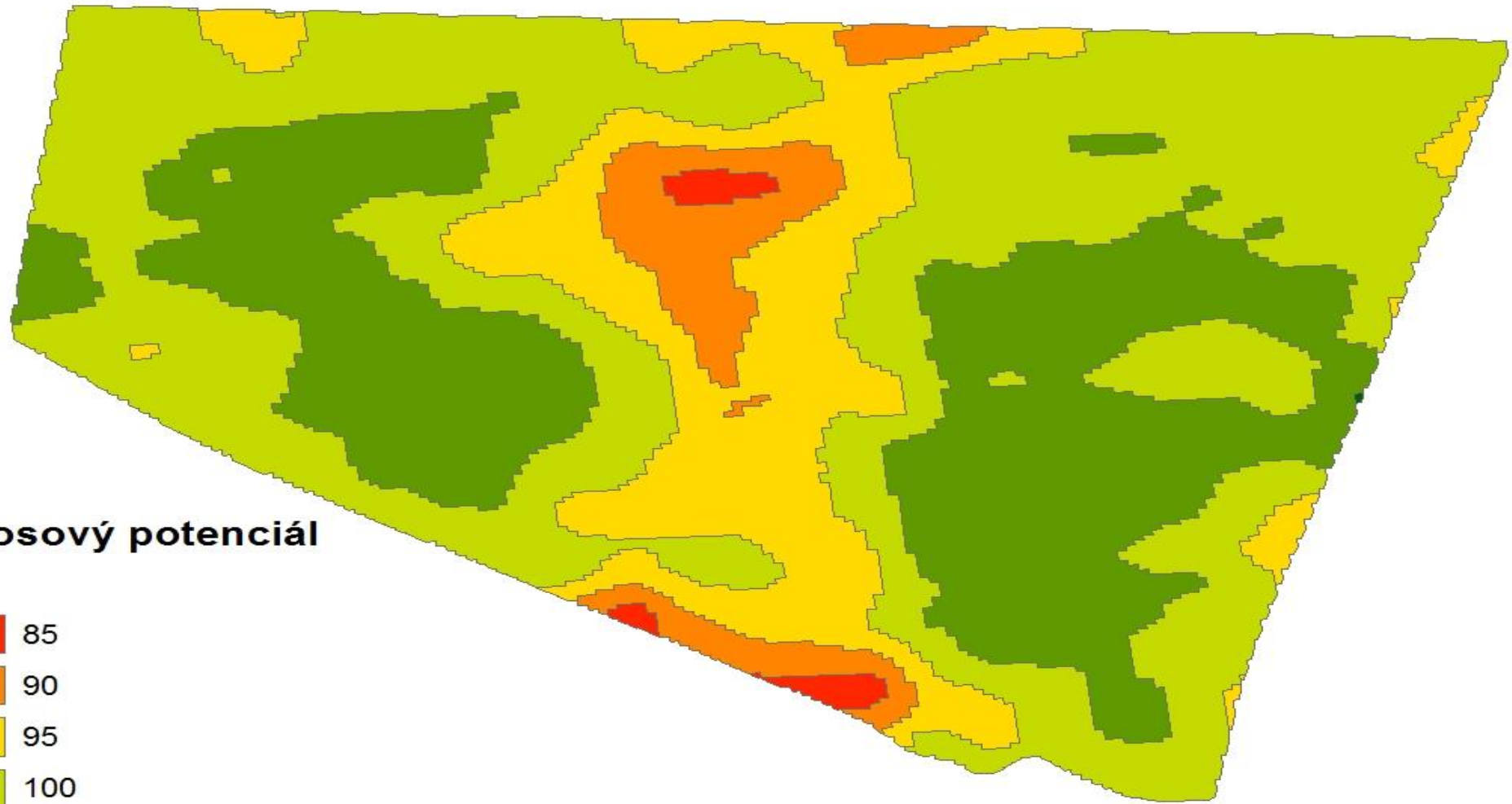
$$\text{PRI} = (\text{R531} - \text{R570}) / (\text{R531} + \text{R570})$$

- detekce vodního stresu v raných fázích (pokles fotosyntézy)



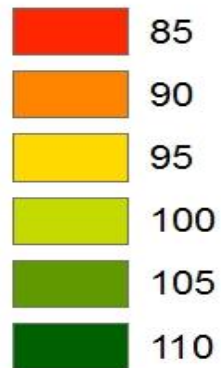


Variabilní aplikace dusíkatých hnojiv na základě map výnosového potenciálu.



Výnosový potenciál

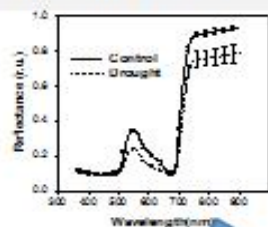
%



Metody

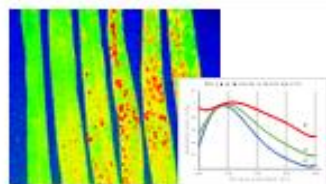
Spektrální odrazivost

- Stres sucha
- Výživný stav
- Struktura porostu



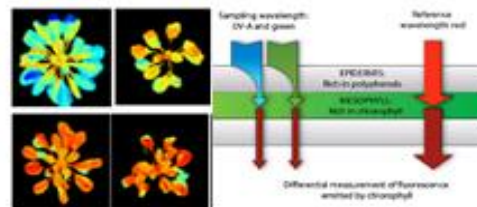
Modro-zelená fluorescence

- Infekce houbovými a virovými chorobami



UV stínění fluorescence chlorofylu

- Abiotický stres
- Biotický stres
- Světelné podmínky



Senzorový systém

Gradienty spektrálních a fluorescenčních parametrů

Excitační LED panely

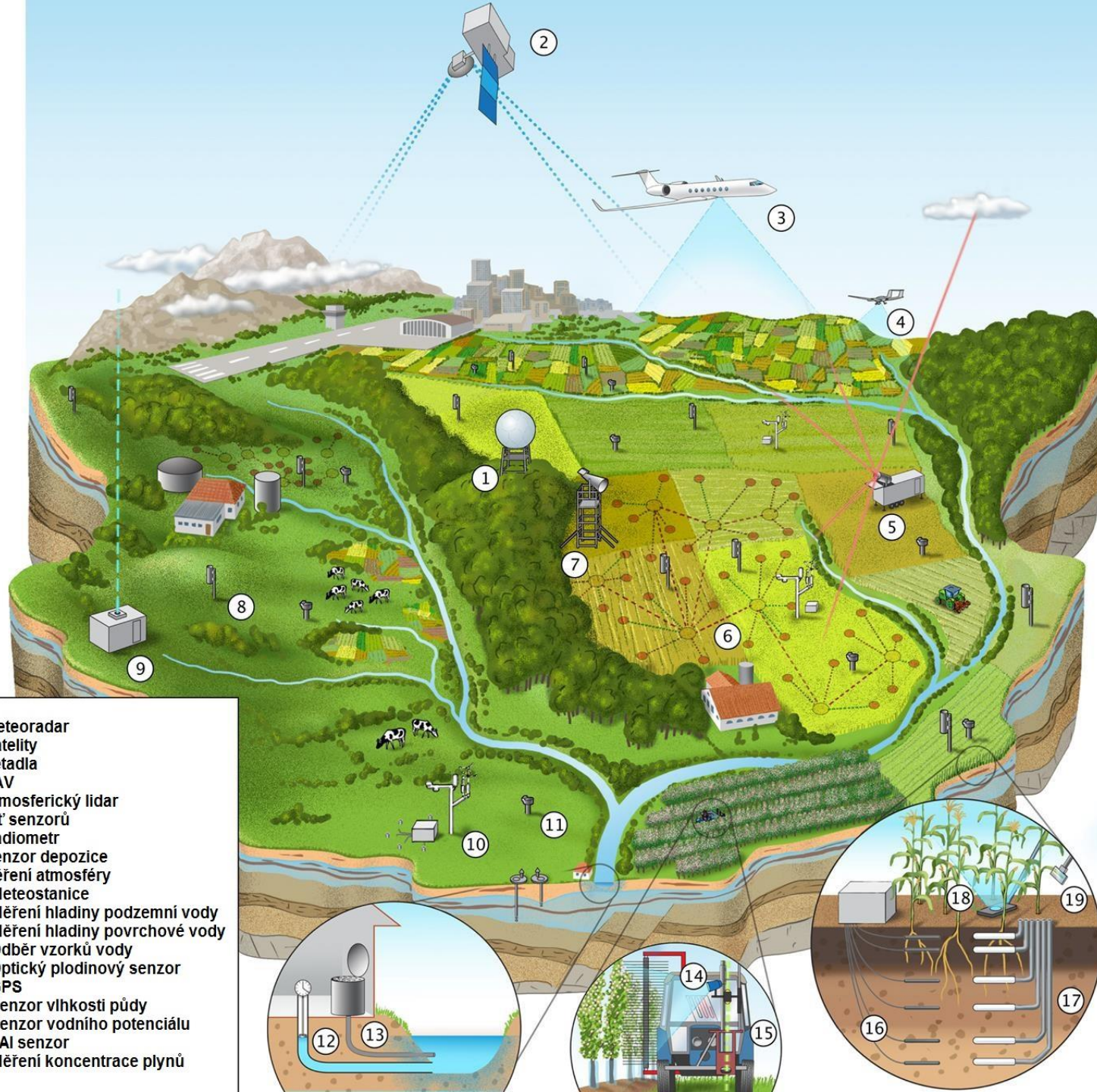
Hyperspektrální kamera

Robotická platforma



Základní schéma vertikálních úrovní řešení pro robotické platformy nesoucí senzorový systém





1. Meteoradar
2. Satelity
3. Letadla
4. UAV
5. Atmosferický lidar
6. Síť senzorů
7. Radiometr
8. Senzor depozice
9. Měření atmosféry
10. Meteostanice
11. Měření hladiny podzemní vody
12. Měření hladiny povrchové vody
13. Odběr vzorků vody
14. Optický plodinový senzor
15. GPS
16. Senzor vlhkosti půdy
17. Senzor vodního potenciálu
18. LAI senzor
19. Měření koncentrace plynů



Meteorologická síť ISIDOR

<https://cpz.czu.cz/cs/>



Páteřní stanice



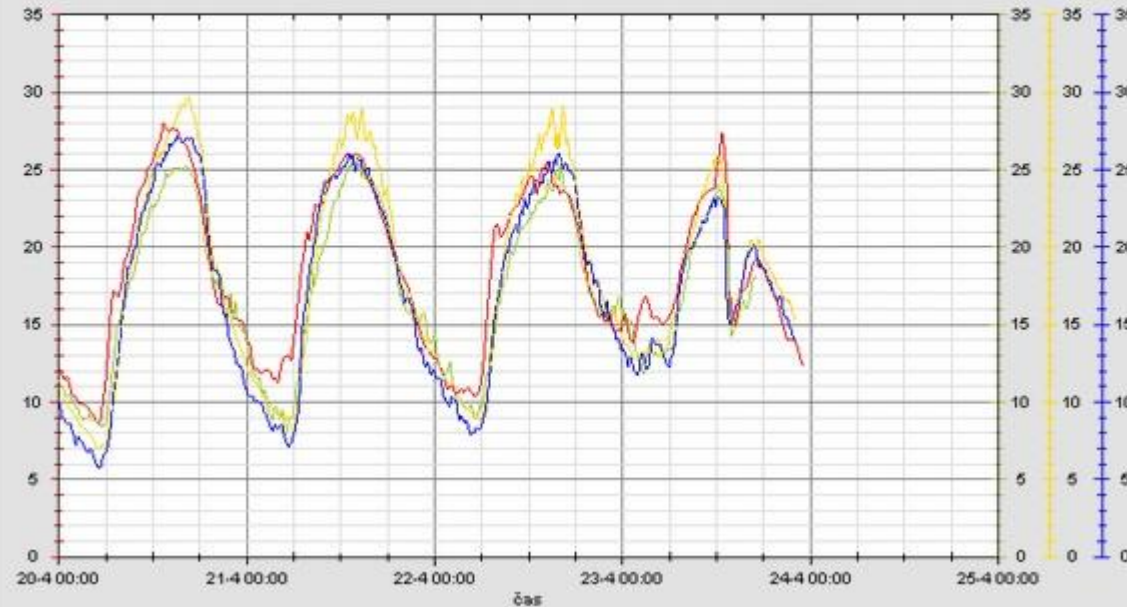
Mapa **Aktuální hodnoty** Graf Rychlý náhled Archiv

Vzduch	
Vraný - Teplota vzduchu [°C]	24,2 (23:01)
Ledeč - Teplota vzduchu [°C]	23,1 (23:00)
Klíčany - Teplota vzduchu [°C]	22,1 (23:00)
Čížovice - Teplota vzduchu [°C]	21,0 (23:00)
Běřovice - Teplota vzduchu [°C]	20,0 (23:00)
Stekauk - Teplota vzduchu [°C]	20,1 (23:00)
Rocov - Teplota vzduchu [°C]	18,4 (23:00)
Libesice LT - Teplota vzduchu [°C]	(00:00)
Knezeves - Teplota vzduchu [°C]	16,0 (23:00)
Nabocany - Teplota vzduchu [°C]	15,8 (23:00)
Cerveny_Ujezd - Teplota vzduchu [°C]	15,1 (23:00)
Chlumek - Teplota vzduchu [°C]	14,7 (23:00)
Budhostice - Air Temperature [°C]	13,3 (23:00)
Vraný - Denní srážkový úhrn [mm/den]	20,0 (23:00)
Ledeč - Denní srážkový úhrn [mm/den]	0,4 (23:00)
Klíčany - Denní srážkový úhrn [mm/den]	1,8 (23:00)
Čížovice - Denní srážkový úhrn [mm/den]	1,0 (23:00)
Běřovice - Denní srážkový úhrn [mm/den]	12,2 (23:00)
Stekauk - Denní srážkový úhrn [mm/den]	2,4 (23:00)
Rocov - Denní srážkový úhrn [mm/den]	1,6 (23:00)
Libesice LT - Denní srážkový úhrn [mm/den]	(00:00)
Knezeves - Denní srážkový úhrn [mm/den]	1,0 (23:00)
Nabocany - Denní srážkový úhrn [mm/den]	1,2 (23:00)
Cerveny_Ujezd - Denní srážkový úhrn [mm/den]	2,4 (23:00)
Chlumek - Denní srážkový úhrn [mm/den]	1,7 (23:00)
Budhostice - Denní srážkový úhrn [mm]	2,4 (23:00)

Denní integrace

Mapa **Aktuální hodnoty** **Graf** Rychlý náhled Archiv

20.4.2018 - 25.4.2018 Jeden den | Dva dny | Pět dní | Týden | Dva týdny | Měsíc | Dva měsíce | Rok



Doplňkové stanice



Děkujeme za pozornost!