

Nástup robotiky a autonomie do ovocnářství

Milan Kroulík

*Centrum precizního zemědělství
Česká zemědělská univerzita v Praze*

1. PR

- Začala okolo roku 1760 ve Velké Británii
- Umocněna vynálezem parního stroje

2. PR

- Začala téměř století po první průmyslové revoluci
- Posun řemeslně orientované výroby k velkovýrobě
- Masová výroba v různých průmyslových odvětvích (ocelářství, ropný a elektrický průmysl)
- Vynález spalovacího motoru a žárovky

3. PR

- Známá také jako „Digitální revoluce“ odstartovala v roce 1960
- Zásadní vynález v podobě polovodičových čipů
- Osobní počítače a internet

4. PR

- „Čtvrtá průmyslová revoluce“ založená na umělé inteligenci, strojovém učení, IoT, výpočetní technice, 3D tisku

1. průmyslová revoluce
Zavedení parního stroje

10 000 př.n.l.



Zemědělství 1.0

Lidská a zvířecí síla
Využívání jednoduchých nástrojů

Vynález počítačů
Vývoj programování
Robotické aplikace

19. st.



Zemědělství 2.0

Zemědělské stroje
Uplatnění chemie

Vývoj Internetu věcí,
Big Dat, umělé inteligence,
cloudových aplikací atd.

20. a 21. st.



Zemědělství 3.0

Počítačové programy
Rozvoj robotiky

Dnes



Zemědělství 4.0

Smart systémy
Smart nástroje

Náš svět - naše zemědělství

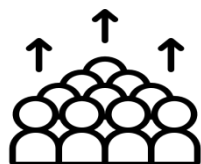


Celosvětově zemědělská půda představuje pouze 3 % povrchu Země



(United Nations 2019)

2050



9,8 mld. lidí
na planetě

Nárůst městské
populace o 50 až 70 %



Potřeba navýšení
produkce potravin o 50 %
(?? 100 %)



Výměra zemědělské půdy se sníží o 70 mil. hektarů
v rozvinutých zemích a navýší se o 120 mil. hektarů
v rozvojových zemích

+ 3,5 %



90% navýšení zemědělské produkce
bude vycházet z navyšování výnosu

Faktory vedoucí ke změnám technologií

- Reakce na změny počasí (*voda, opomíjené teplotní podmínky*)
- Vývoj stávající a budoucí legislativy (*eroze, meziplodiny, protierozní technologie, osevní postupy, omezení pesticidů apod.*)
- Setrvalý pokles cen komodit
- Tlak na ekologizaci zemědělství (*omezení pesticidní zátěže*)
- Omezení energetické náročnosti (*včetně emisí skleníkových plynů*)
- Nedostatek pracovních sil (*pohled veřejnosti a nepružnost odborného školství*)
- Snížení spotřeby minerálních živin (*cílená aplikace, zonální hnojení*)
- Zvýšený tlak na půdní úrodnost (*organická hmota, zhutnění, infiltrace apod.*)
- Rozvoj automatizace a robotiky v zemědělství

Modifikace výroby - nejen v zemědělství

Využití dat, prediktivní informace (servisní úkony...)

Vysoké zastoupení senzorů

Hodnocení v reálném čase

Výroba na zakázku, Využití AI ku prospěchu, ne k navyšování výroby

Nové pracovní pozice

Logičnost společnosti: $\frac{3}{4}$ činností postrádá logiku
plýtvání potravinami
cesty do práce a zpět
prodej půdy nebo vody

Precizní zemědělství - měřítko pole, zóny

Smart Farming - individuální přístup k rostlinám, půdě

Zemědělství 4.0 - práce s daty a informacemi, robotika

Současnost



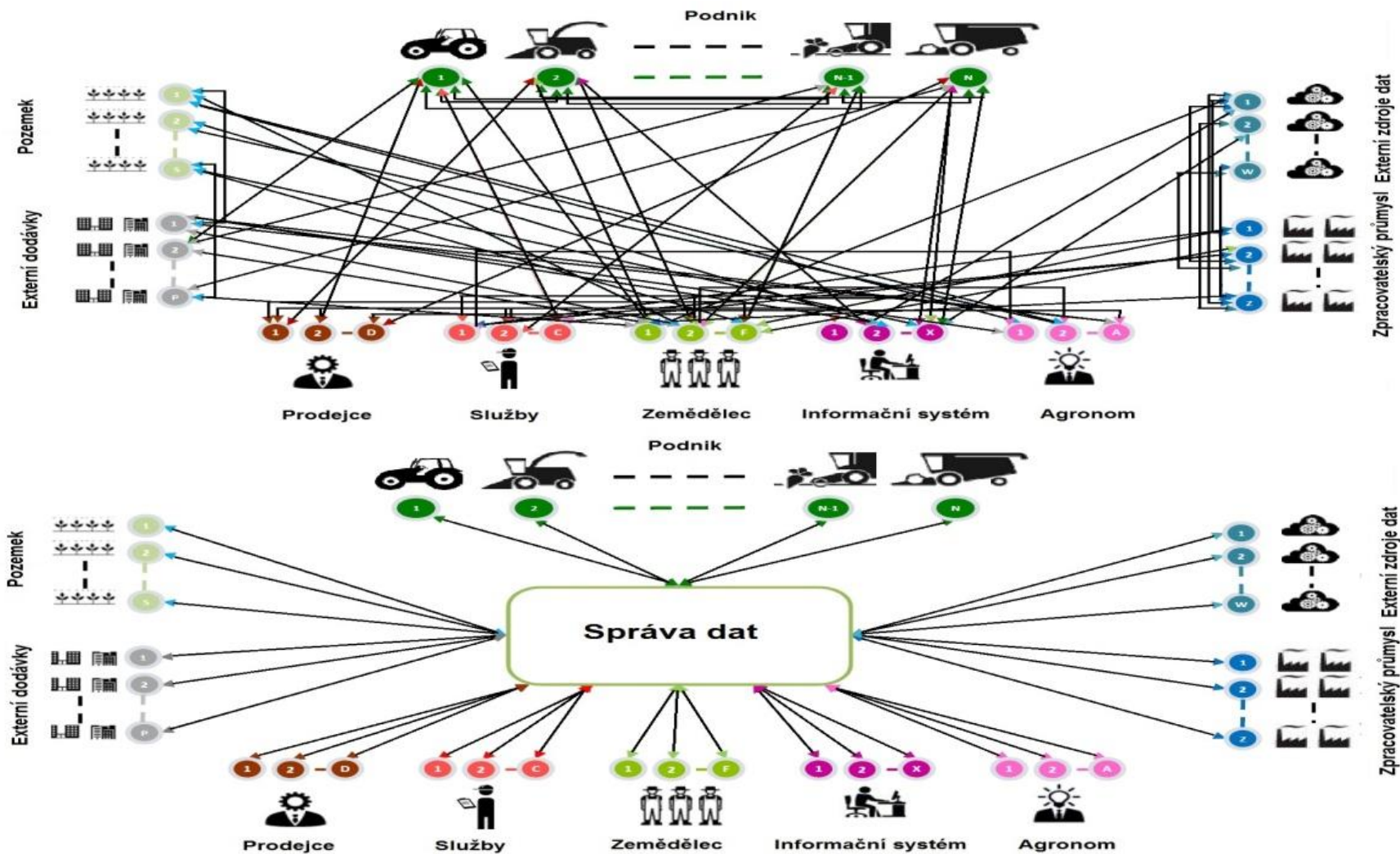
Budoucnost



Precizní zemědělství - měřítko pole, zóny

Smart Farming - individuální přístup k rostlinám, půdě

Zemědělství 4.0 - práce s daty a informacemi, robotika



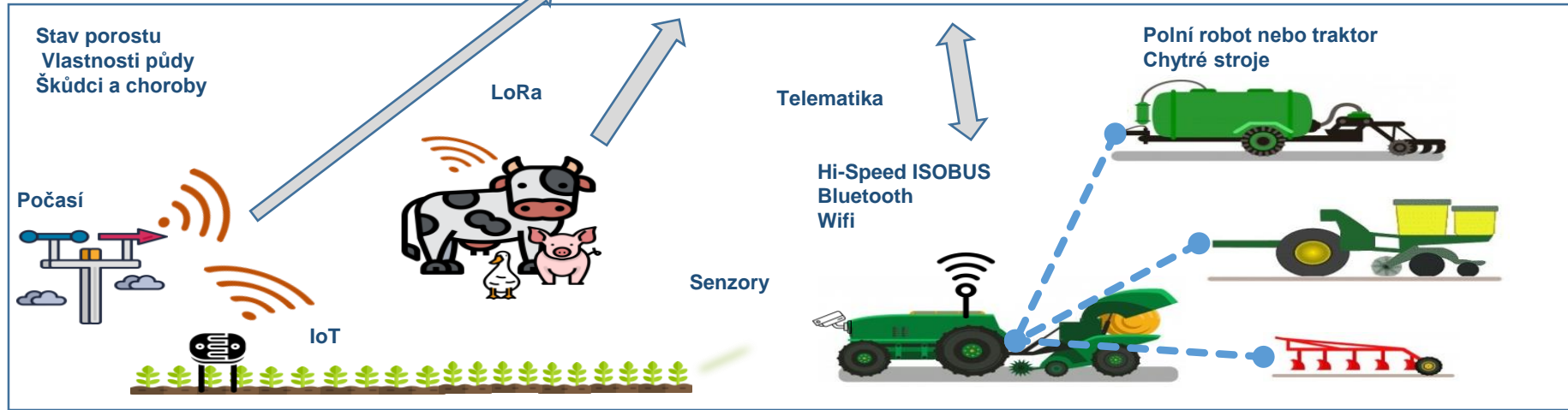
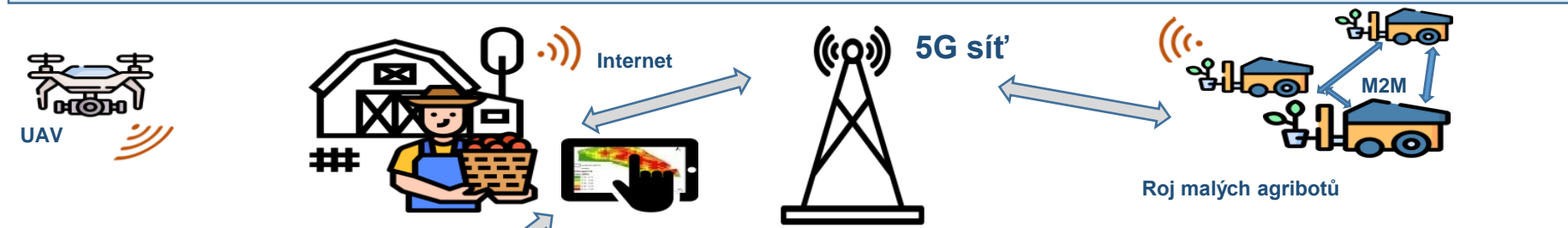
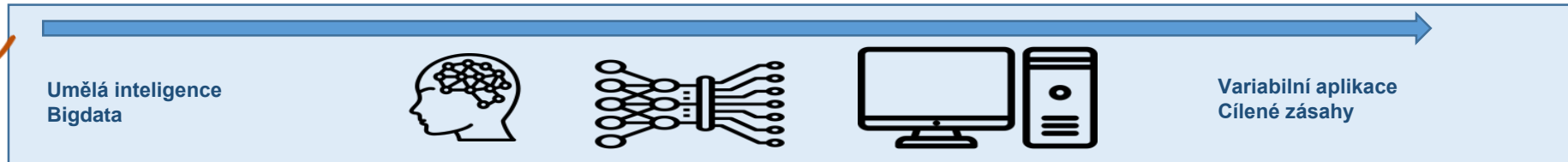
Precizní zemědělství - měřítko pole, zóny

Smart Farming - individuální přístup k rostlinám, půdě

Zemědělství 4.0 - práce s daty a informacemi, robotika



Dálkový průzkum Země
Satelity, GNSS



Současný vývoj - digitalizace farem prostřednictvím „internetu věcí“ a shromažďování a využívání údajů.

Sledování zdrojů, monitoring zdraví zvířat a rostlin, ...

Analytika dat a umělá inteligence srovnatelné jako v jakémkoli jiném high-tech průmyslu.

Produkty a technologie , které:

- splní klimatické podmínky,
- reagují na preference spotřebitelů,
- informují o původu produktu,
- zajišťují kvalitu produkce.

Pracovat na vhodném nastavení politiky, motivace, podpora výuky.

Zemědělci by měli být aktivními účastníky.

Přemýšlet o tom, jak digitalizace, elektronika a vylepšené systémy správy farem pomohou při každodenní práci, zvýší produktivitu práce, sníží jejich pracovní vytížení a zlepší přidanou hodnotu.

Jakýkoli typ technického pokroku vždy zahrnuje dodatečné náklady.

Pokud se tyto investice dlouhodobě nevyplatí, digitalizace není nic jiného než nákladný koníček.

Robotické řešení není pro každého

Pořízení a zavedení nového zemědělského stroje přináší mnoho otázek

-jeho řízení,

-přizpůsobení se konkrétnímu prostředí,

-jeho ziskovost, jeho dlouhodobá účinnost

A to platí tím spíše, když je tento stroj robotem!

S robotem začíná operace v kanceláři a vytváří se plán (nebo trasu), po které bude robot pracovat.

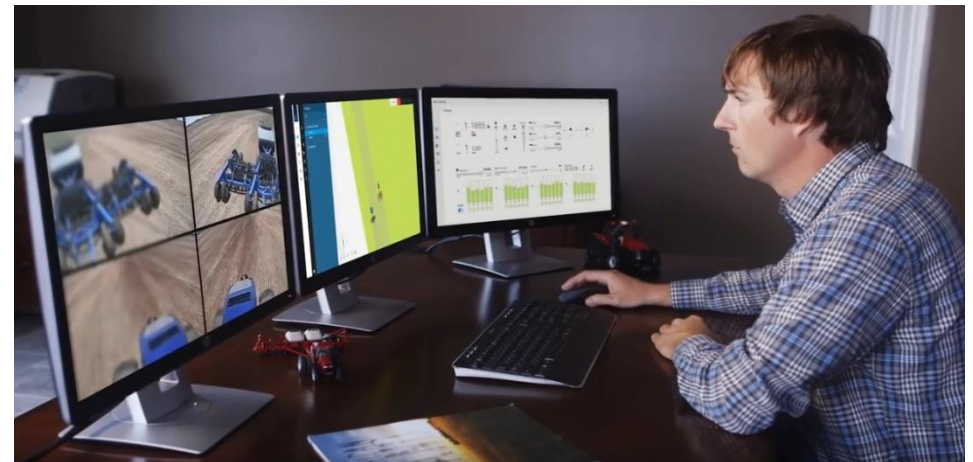
Definujete pole, sad, naváděcí linii GPS, kterou budete sledovat, a všechna provozní nastavení.

Práce s pozemky:

- například vytvoření otočných ploch
- příprava pěstebních záhonů pro usnadnění meziřádkové kultivace
- zajištění přepravy robota z jednoho pozemku na druhý atd.

Znáte všechna nastavení stroje předem?

Chybí systém pro kontrolu kvality práce.





Možnost sledování parametrů práce stroje na mobilním zařízení.

Cesta autonomie a robotiky

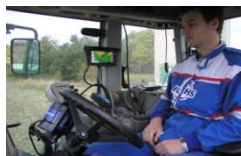
Autonomní řízení

Koordinace a optimalizace

Autonomní funkce s asistencí řidiče

Robotický traktor pracující pod blízkým dohledem

Robotický traktor se vzdálenou kontrolou



Malí roboti/robotické roje

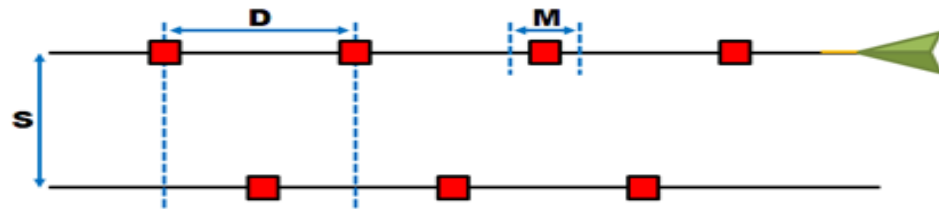
- + Výhodné pro bezpečnost a utužení půdy
- + Pokud jedna jednotka selže, druhá stále funguje
- + Možnost přizpůsobit počet jednotek konkrétní úloze
- + Možnost vzájemné zápůjčky malých robotů pro zajištění efektivity práce
- Obtížnější nasazení na velkých výměřích
- Náročnější strategie nasazení nebo údržby
- Nižší úroveň automatizace (těžší automatizovat)
- Vyšší počáteční náklady na komponenty autonomie

Velcí roboti

- + Úroveň autonomie
- + Modularita, univerzálnost
- + Nasazení na velkých pozemcích
- + Jednodušší strategie údržby a nasazení
- Kontrola práce
- Vyšší riziko zhutnění půdy
- Často pracují také na malých pozemcích
- Poruchy mohou způsobit značná zpoždění
- Limity a omezení pro provoz velkých strojů

Vrtání děr

- Autopilot traktoru
- Zastavování traktoru
- Akustická signalizace
- Spouštění vrtání
- Sady, vinice, chmelnice, plantáže



Automatická nivelace sloupků

- Pouze nivelace ve dvou osách
- Jednoduché zatláčeče sloupků
- Ruční vyměřování
- Sady, vinice, ohrady



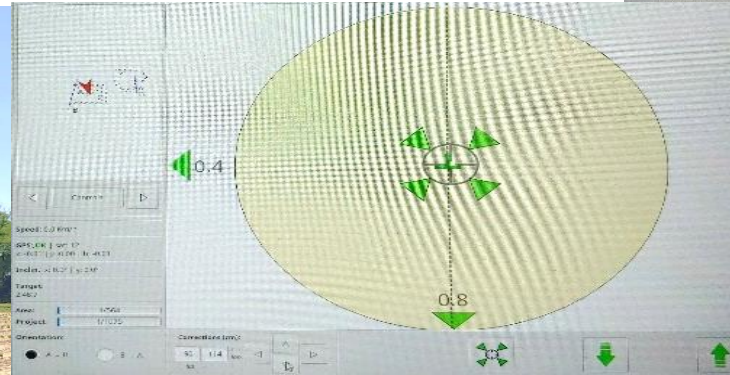
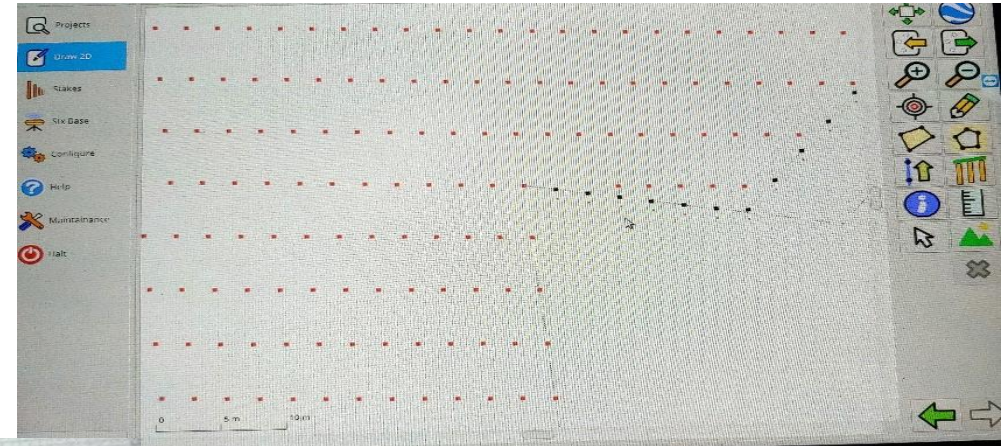
Poloautomatické zatloukání sloupků

- Automatická nivelace ve 2 osách
- Automatické umístění sloupku ve 2 osách
- Ruční ovládání řízení a pojezdu traktoru
- Sady, vinice, chmelnice



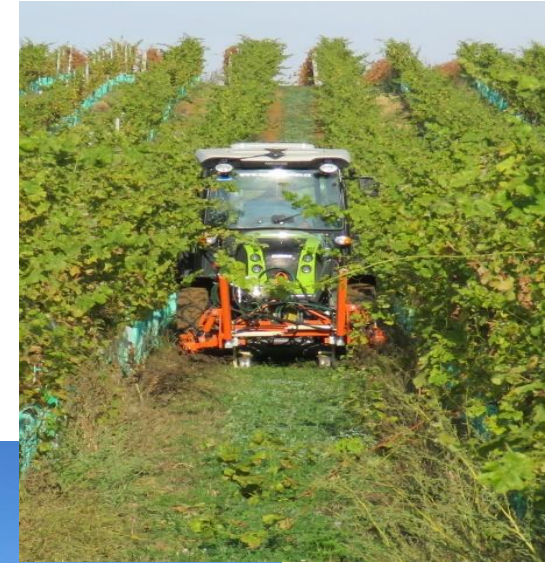
Plně automatické zatloukání sloupků

- Automatická nivelace ve 2 osách
- Automatické umístění sloupku ve 2 osách
- Automatické řízení stroje
- Automatický pojezd a zastavení stroje
- Plánování počtu sloupků a sazenic předem



Traktory s autopiloty / autonomní traktory

- Vyšší stupeň automatizace pracovních úkonů
- Slučování více operací do jednoho přejezdu
- Cílené - spotové ošetření
- Kvalitnější sklizeň



Malé pracovní okno potřebuje větší stroj, ale čím větší je stroj, tím menší je pracovní okno

Kategorie robotů a kobotů

Robot - autonomní pohyb a práce

Kobot - robot spolupracuje s operátorem

- průzkum bez pracovního procesu, pouze senzory sbírají data o rostlinách a půdě

- specifické úkony bez dodávání nebo odvozu materiálu



- specifický proces s distribucí materiálu nebo například sklizeň a odvoz z pozemku

- modulární systém, který kombinuje předešlé



Role elektrifikace?

Co vyžaduje přechod k robotice?

Připravenost farmy

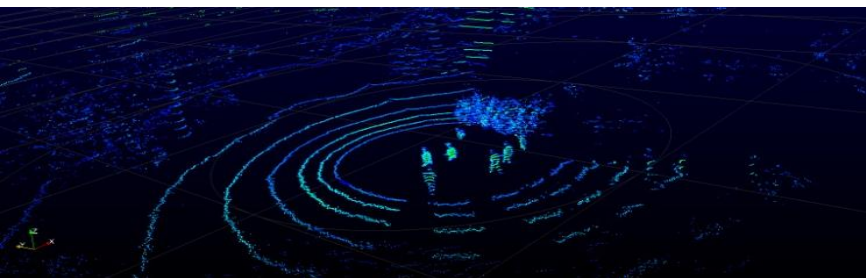
- Zemědělský robot sám o sobě mnoho nezmůže:
Potřebujete podpůrné systémy
Manipulace s materiálem
Vstupy na pole (osivo, hnojiva, atd.)
Výnosy z pole (zrno, balíky sena atd ...)
- Nezapomeňme na doplňování energie (palivo nebo dobítí ...)
- Integrace s půdou
- Integrace s rostlinami
- Omezení
- Lokalizace GNSS není dostatečně spolehlivá pro autonomní použití
- Systém vnímání
- Bezpečnostní systém



Obtížně zajistíme práce jedním strojem



3D Lidar PUCK VLP-16 společnosti Velodyne.



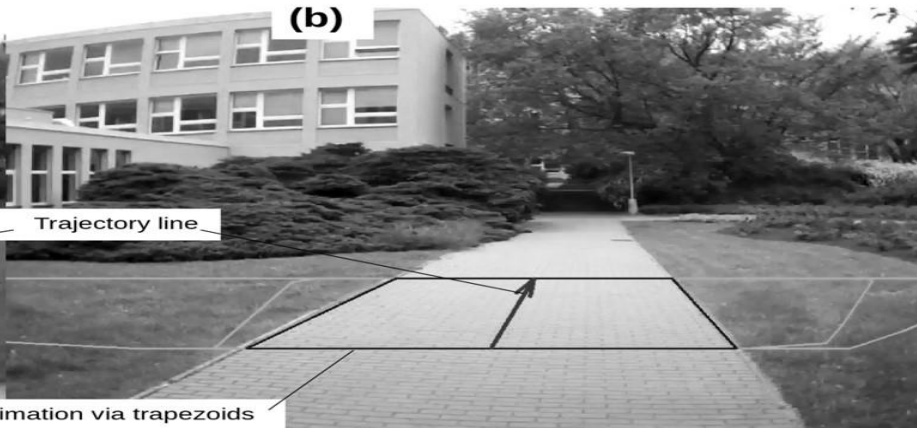
Výstup z 3D Lidaru.



(a)



(b)



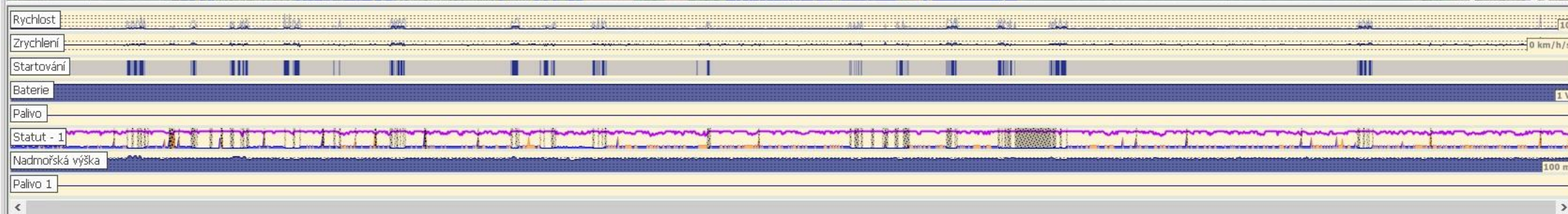
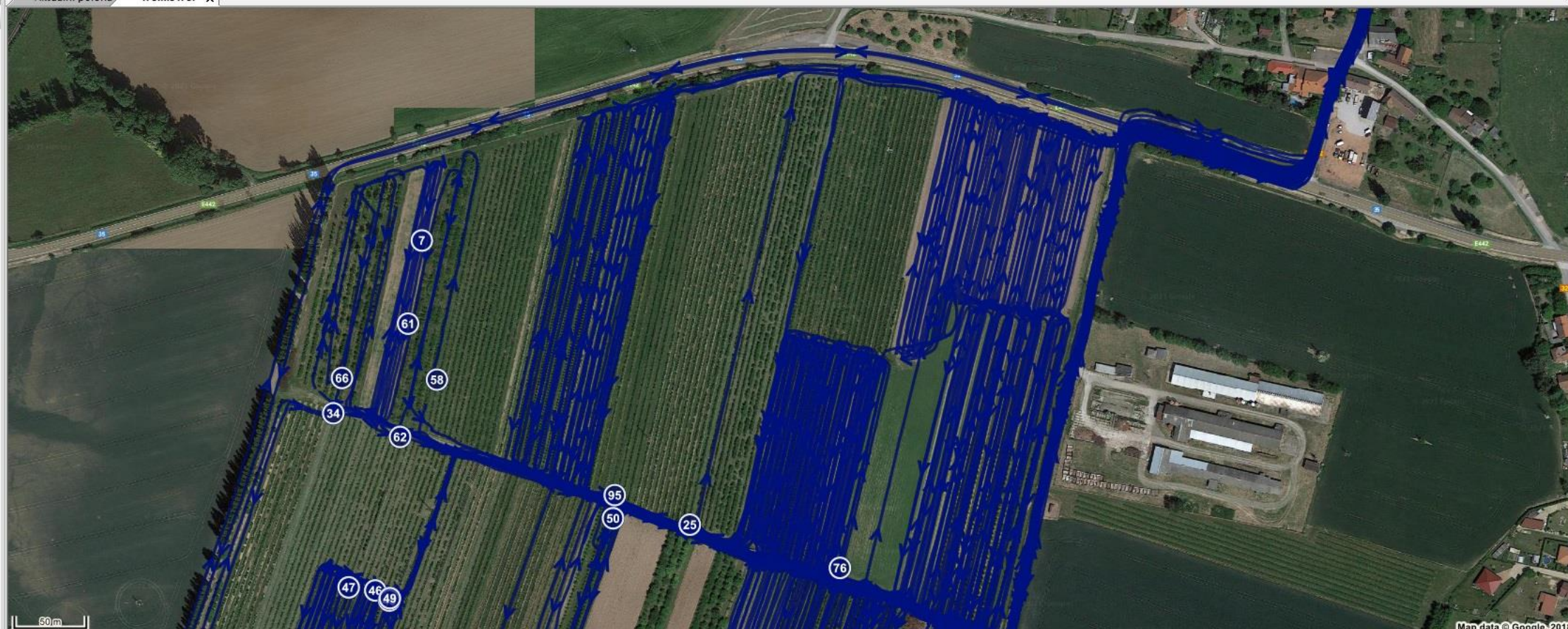
Navigace pomocí analýzy obrazu je variantou pro situace, kdy není k dispozici GPS navigace.



Aktuální poloha 1. 5...31. 5. x



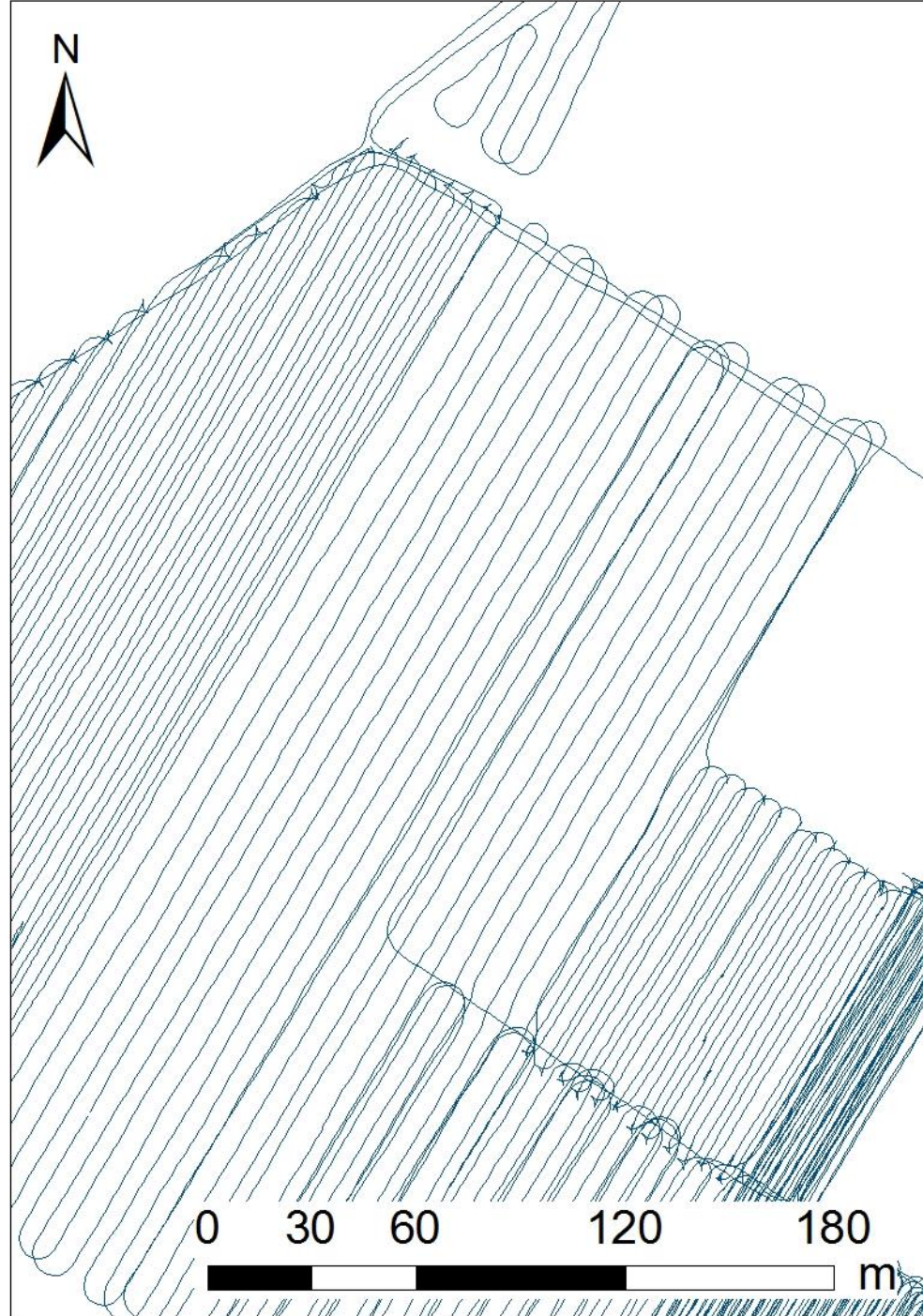
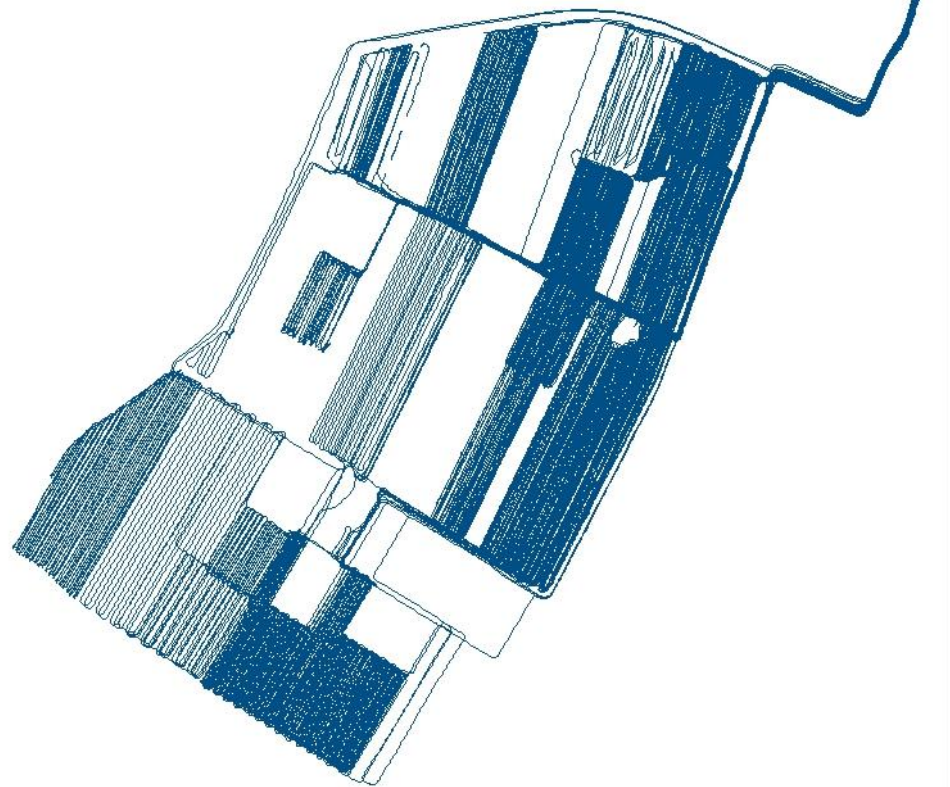
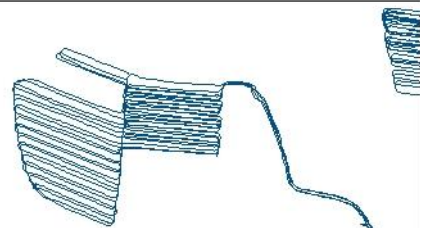
Vozidla
Traktor CZU



Dokončeno

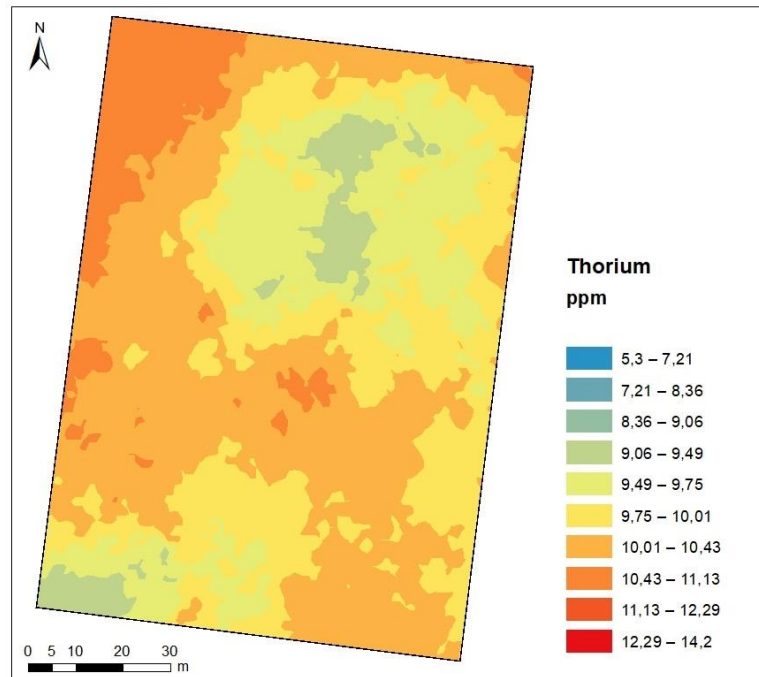
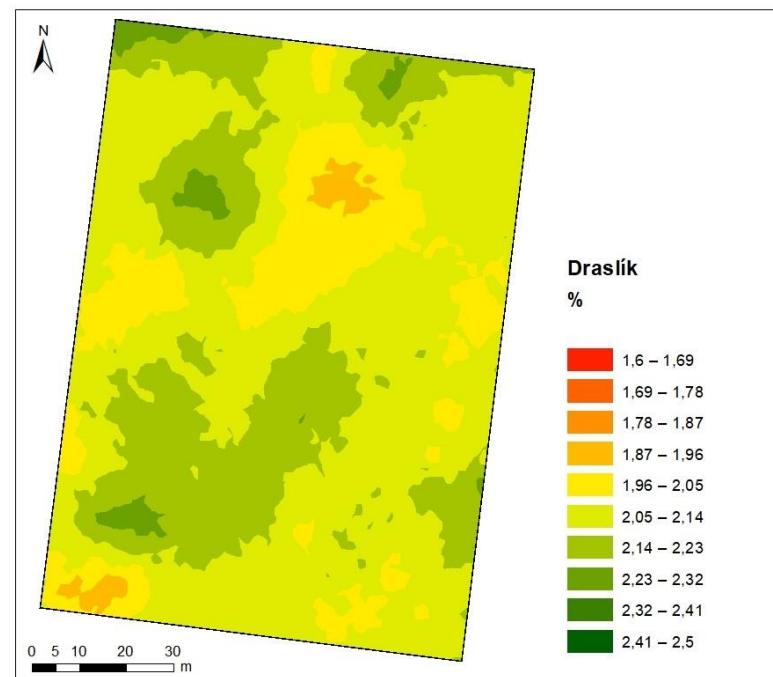
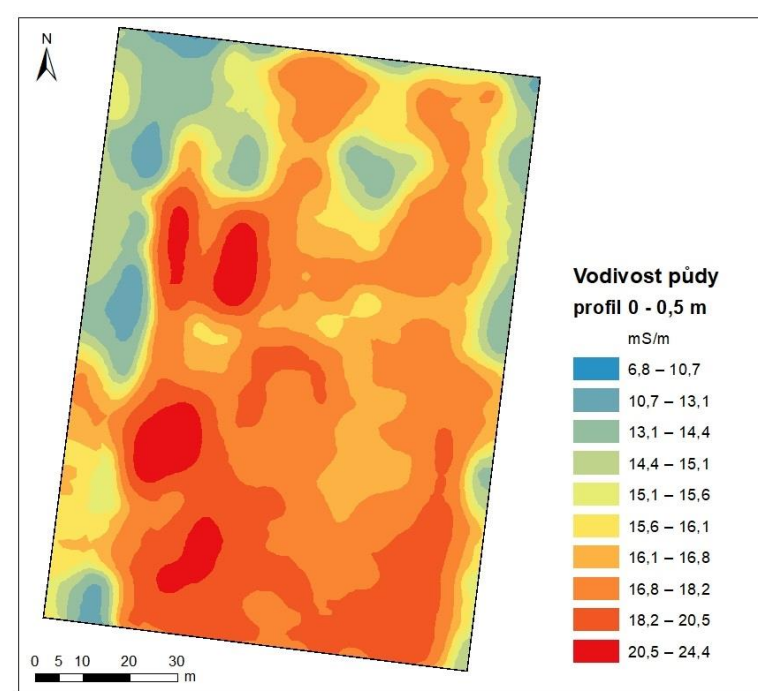
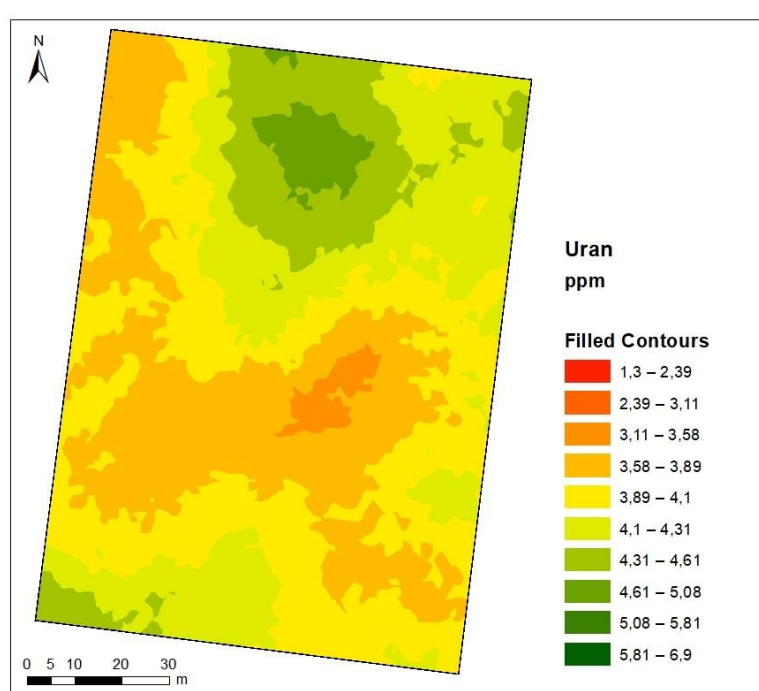
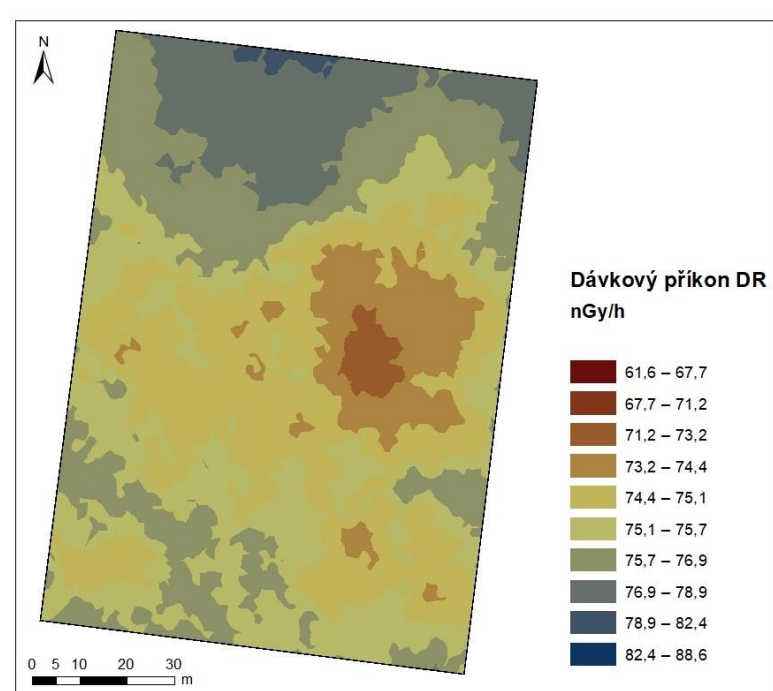


S 50,372325°, Z 15,562843°

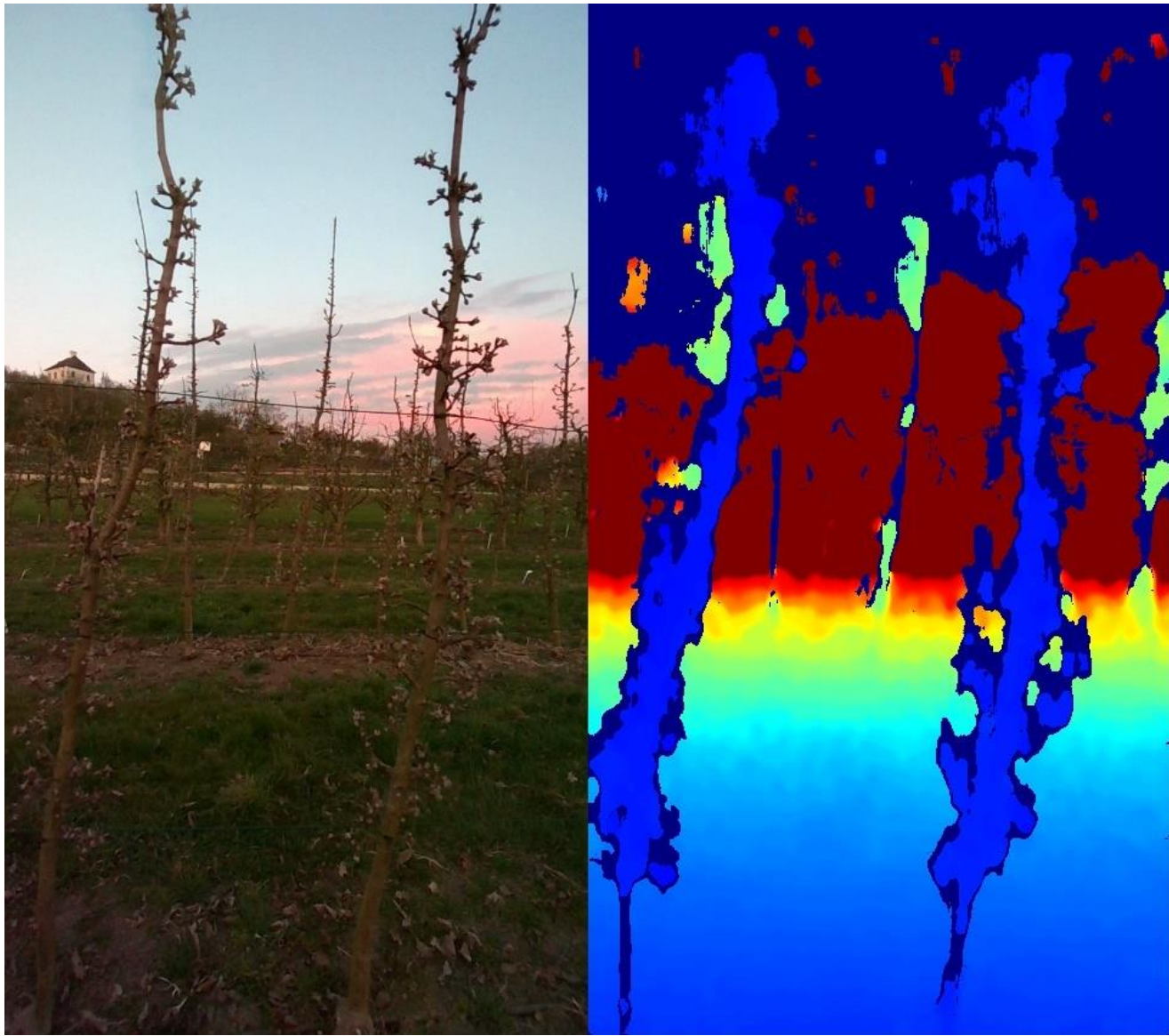


Najeto 599 km
Přejezdy 201 km
33 % jízdy





Ovocný sad Holovousy
(bobuloviny)
Měřeno 1.4.2021

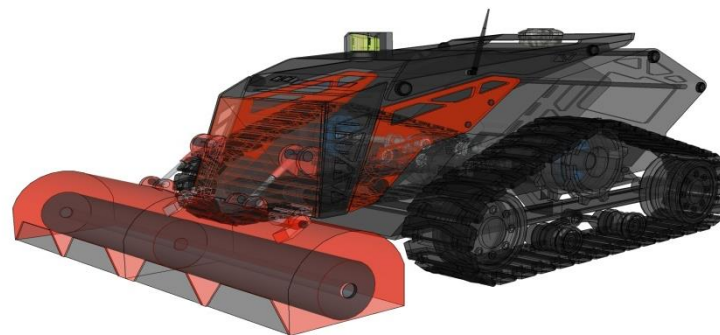
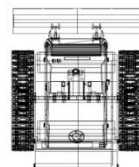
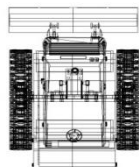
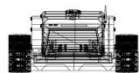
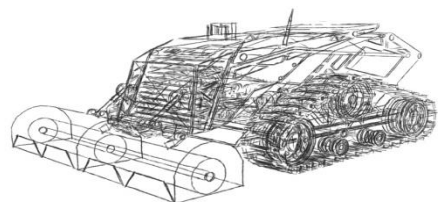


RGBD kamera (hloubková kamera) Intel RealSense kamera D455.



Lidar - kamera Intel RealSense L515. Kombinace solid-state lidaru a RGB kamery.

Od vizí k realitě



Předpoklady

- Robotické zpracování půdy a setí
- Nízké nároky na tahovou sílu
- Individuální příprava pro jednotlivé rostliny
- Individuální ukládání osiva
- Robotická ochrana rostlin
- Cílené ošetření, mechanické zásahy
- Selektivní sklizně, dělená sklizeň
- Od 20 do 80 % neodpovídá požadované prodejní kvalitě
- Detailní průzkum před sklizní

Modifikace výroby - nejen v zemědělství

- Nové pracovní pozice
- Pracovní schopnost 24/7
- Reakce na údaje o počasí
- Hodnocení v reálném čase
- Pokročilá detekce překážek
- Řízení založené na informacích
- Uvolnění kvalifikované pracovní síly
- Schopnost pracovat v tandemu s tradičními stroji
- Podpora pokročilých technologií ze strany státní správy
- Plně interaktivní rozhraní s okamžitým a bezpečným záznamem

Jak je farma připravena?

- Potřeba podpůrných systémů manipulace s materiálem vstupy na pole (osivo, hnojiva) výnosy z pole (zrno, balíky) doplňování energie
- Integrace s půdou a rostlinami
- Bezpečnostní systém, omezení
- Lokalizace GNSS
- Systém vnímání

Farma

Změna zvyklostí
Změna postupů
Změna vnímání

Prostředí

Definování a specifikace prostor pro práci
Proměnné podmínky
Změna skladby plodin
Změna v přístupu k pozemkům

Rozhraní člověk – stroj

Pochopení chování robota a jeho limitů
Pochopení chyb a jejich řešení
Obtížně zajistíme práci jedním strojem
Robotické řešení není pro každého

Koncept člověk - robot

Kooperace lidí (HO; HumanOperator) a robotů jako HRI nebo HRS (Humane-Robot Interaction; Human Robot System).

-výrazně nabylo na významu.

dozorování rutinních úkonů

dálkově ovládané stroje pro řešení nepředvídatelných situací,

plnění úkolu v režimu mastere - slave,

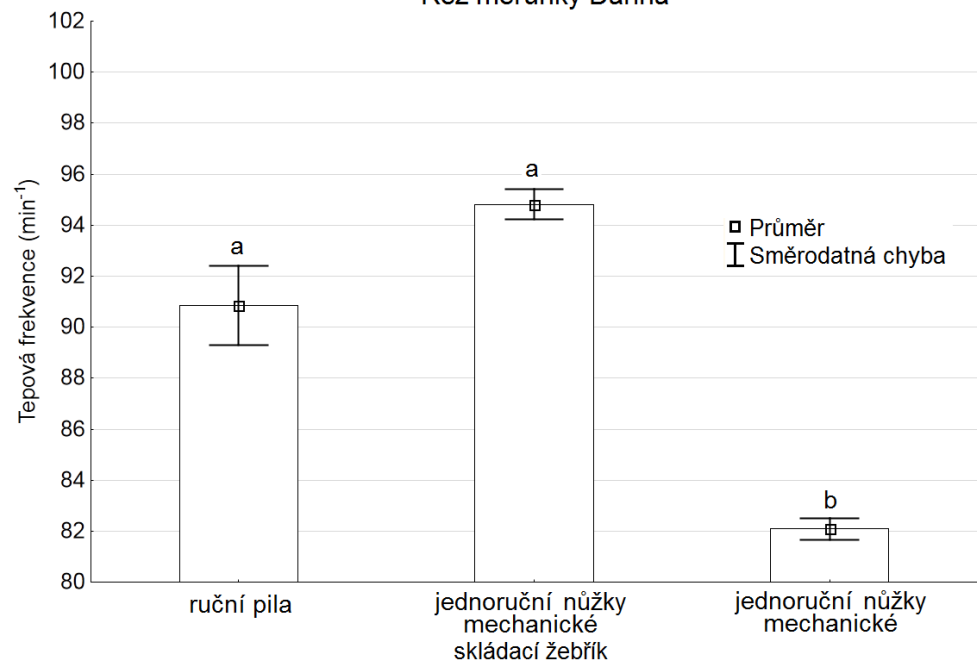
autonomní vozidla, kdy je člověk na pozici cestujícího

Lidé budou i nadále zapojeni do rozhodovacího procesu a roboti budou v procesu napomáhat

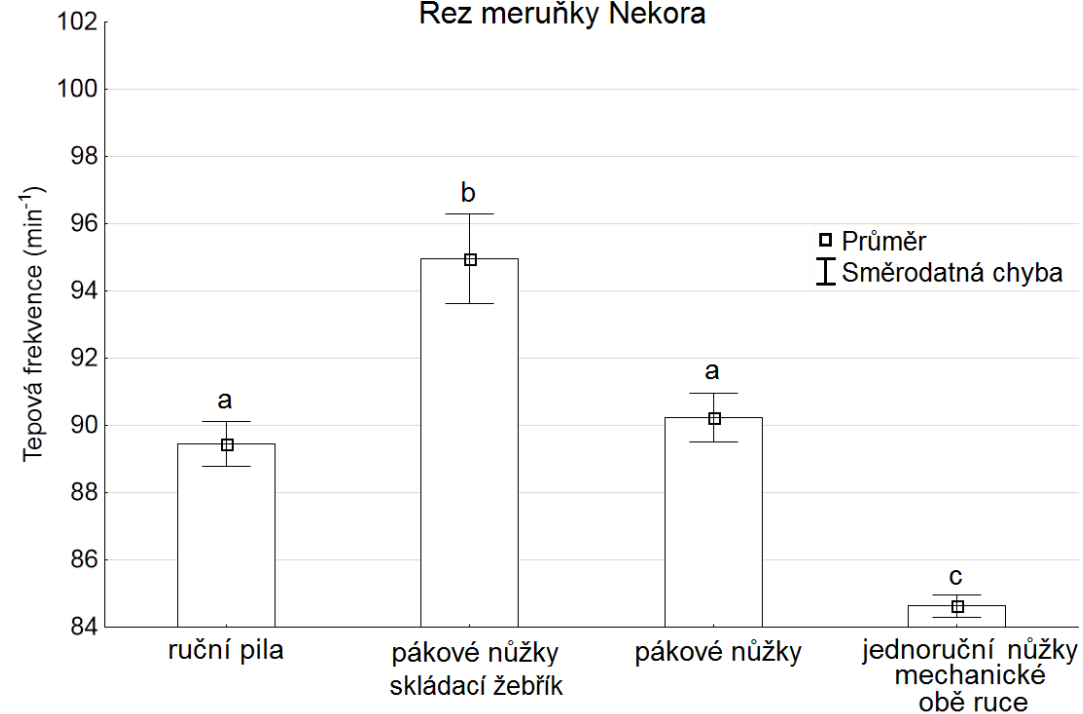
Pracovní nasazení a využití po celou sezonu



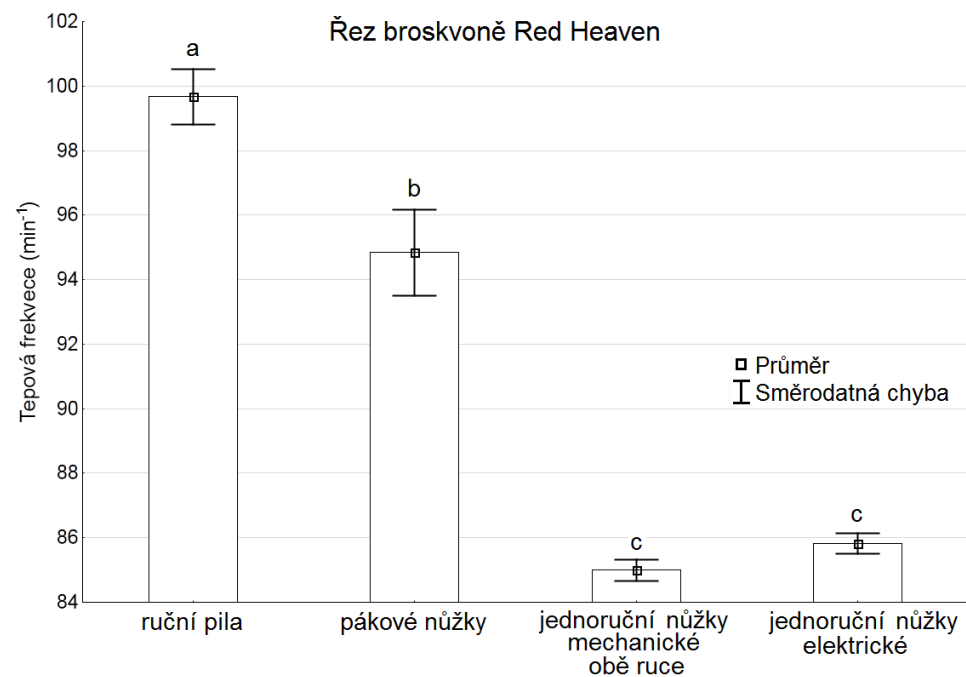
Řez meruňky Darina



Řez meruňky Nekora



Řez broskvoně Red Heaven



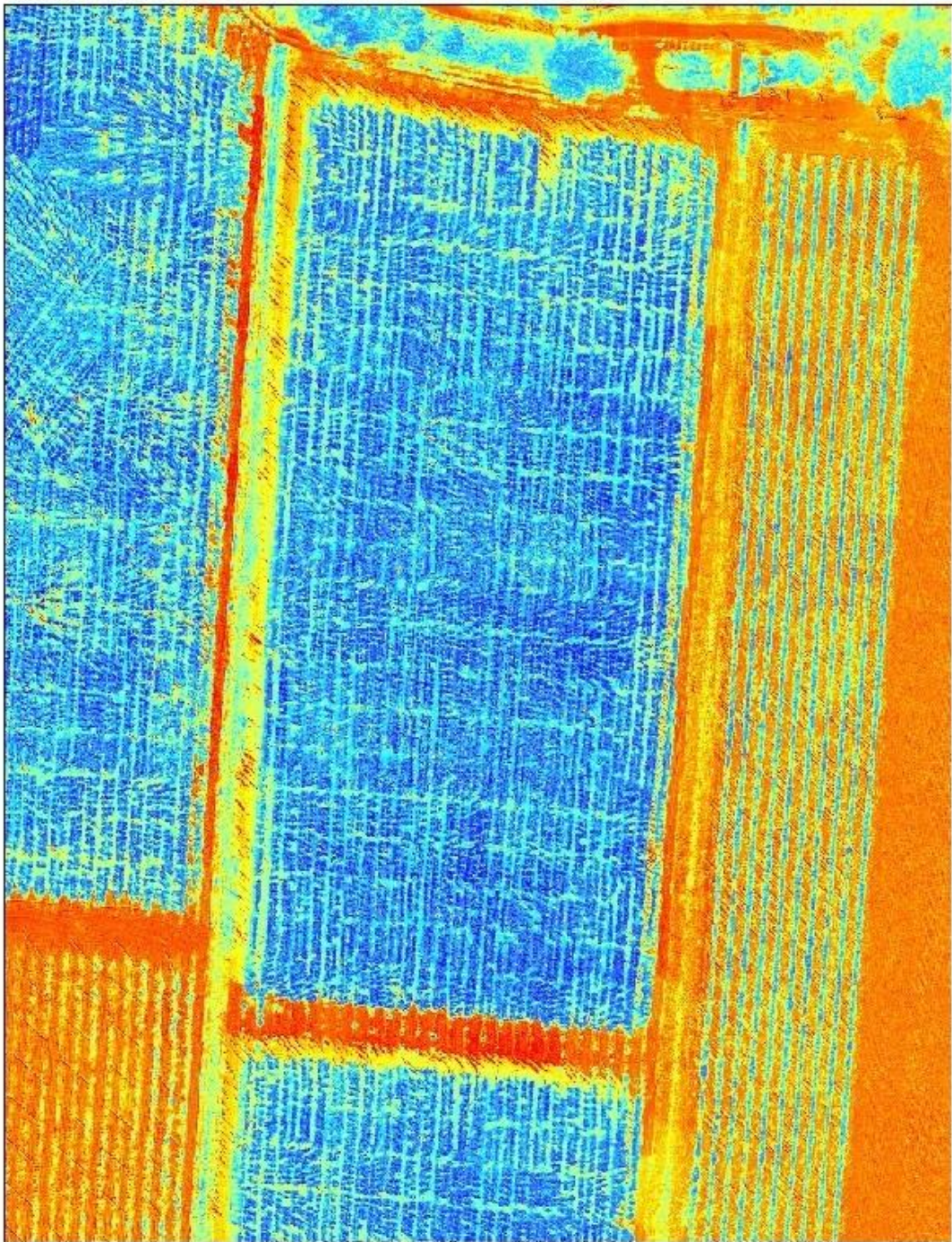
Pracovní zátěž během sadařských činností

Nástup bezpilotních prostředků



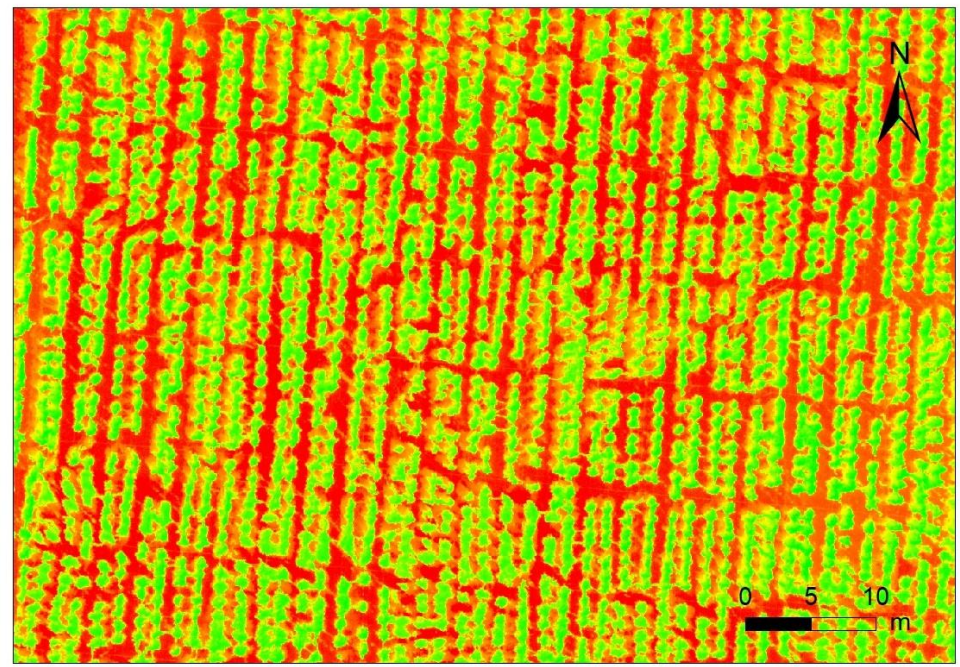
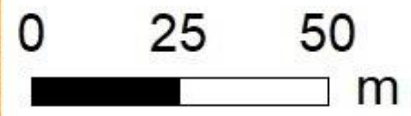
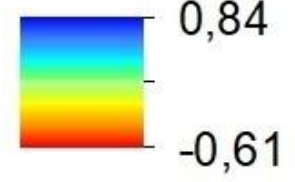
Představujeme ProLab TF





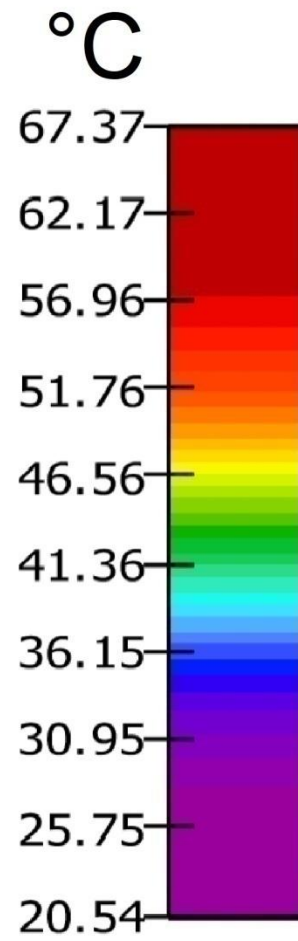
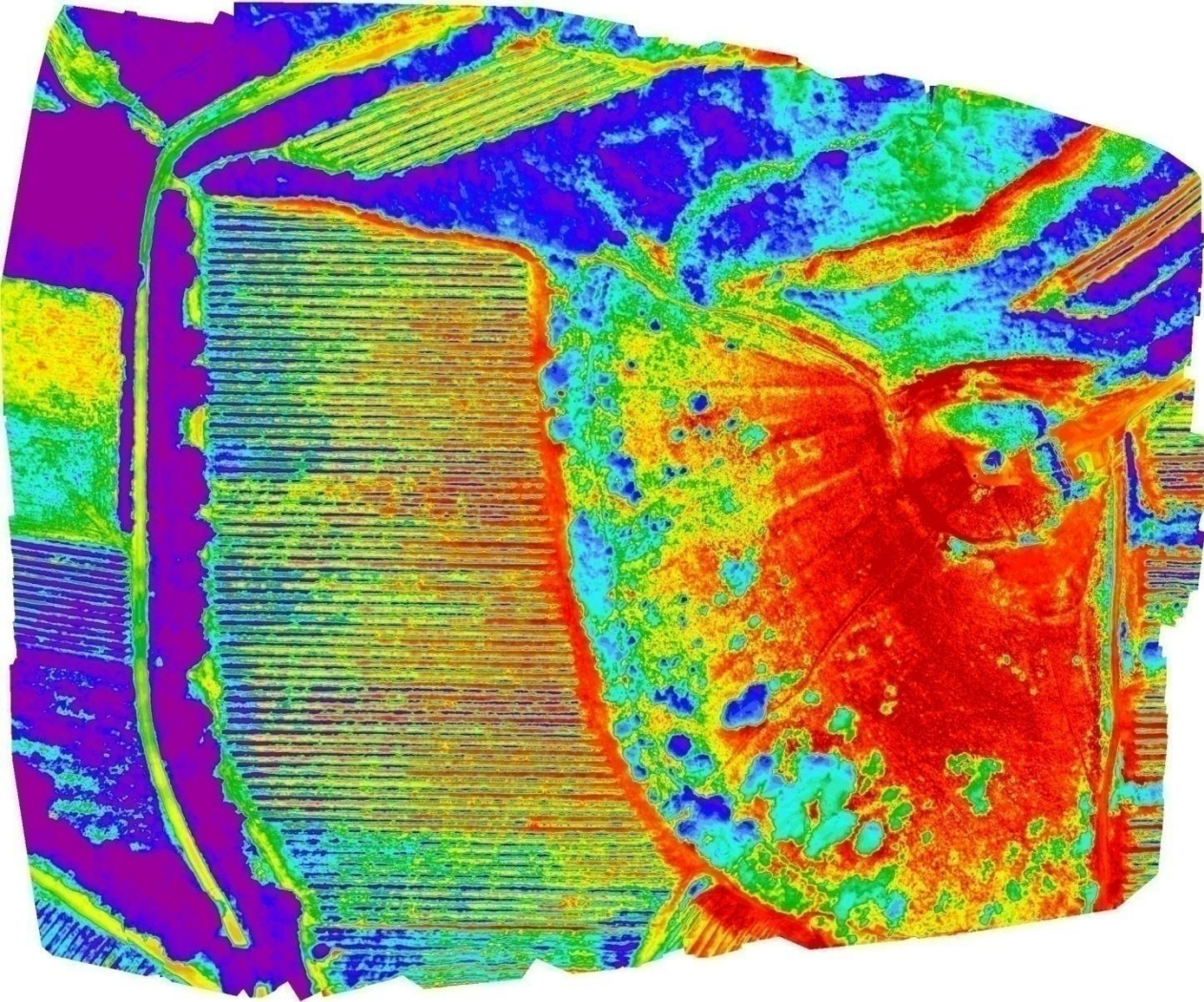
NDVI

29.8.2018



Využití bezpilotních prostředků při kontrole výsadeb.

Chmelnice Stekník



Termogramy byly pořízeny termokamerou Workswell WIRIS Sc během nejteplejších letních dnů roku 2019 v oblasti Moravského Toskánska v rámci výzkumných aktivit v oblasti krajinné ekologie. Výška letu byla okolo 40 m. Použitý dron DJI M600 Pro.



Robotika na ČZU



Robotika na ČZU





Rozšíření o virtuální realitu

NAIO OZ





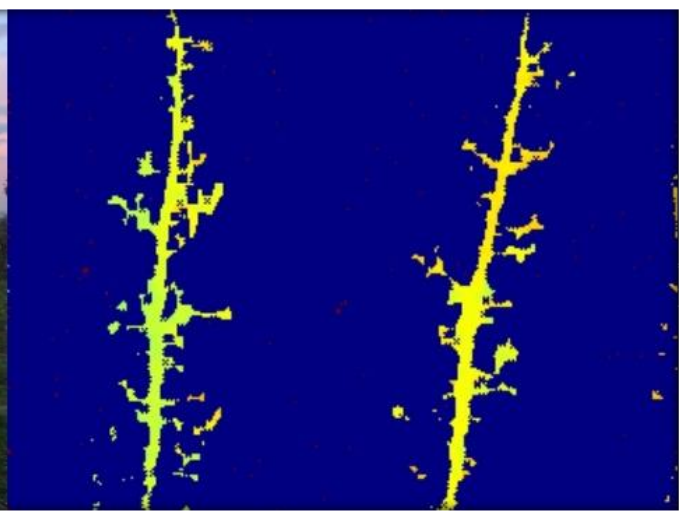
SwarmFarm Robotics a Green Atlas

- robot pro počítání květů a redukci násady.

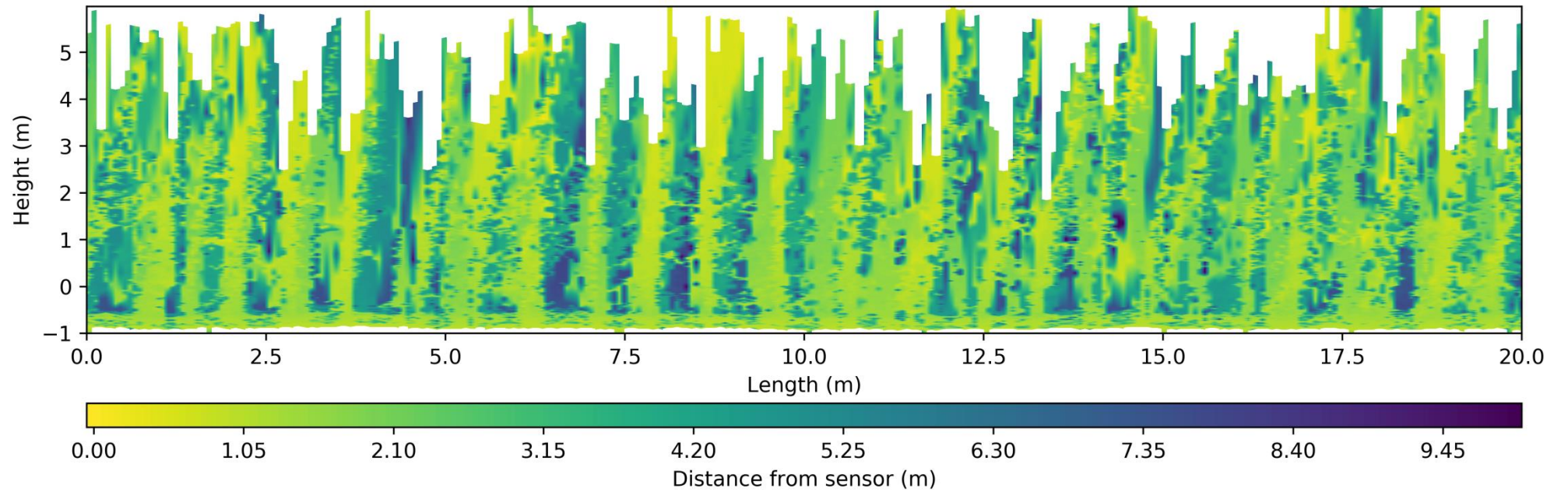


Úbytek přirozených opylovačů

- mechanický sběr květů
- oddělení pylu
- produkce čistého pylu a jeho uchování
- geneticky vhodný pyl je aplikován na cílové stromy
- aplikační jednotky mohou pracovat ve dne i v noci a nezávisle na okolní teplotě.



Hodnocení biomasy



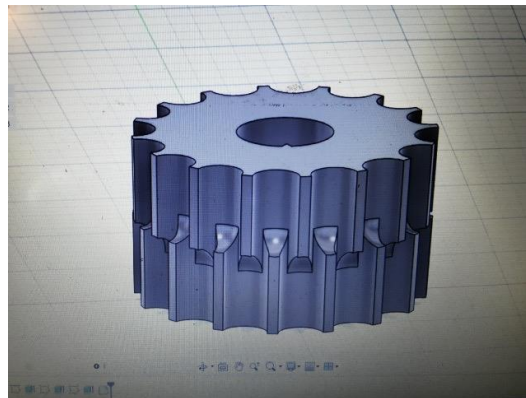
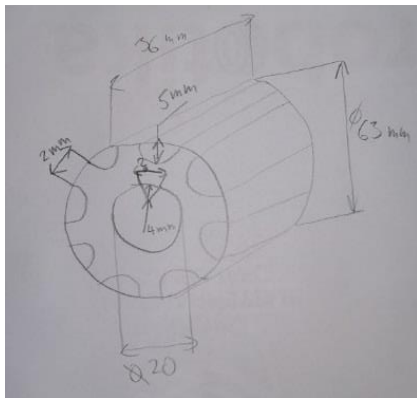


AGROBOT
Agrobot.com



3D Tisk

Možnosti 3D tisku a aditivní výroby



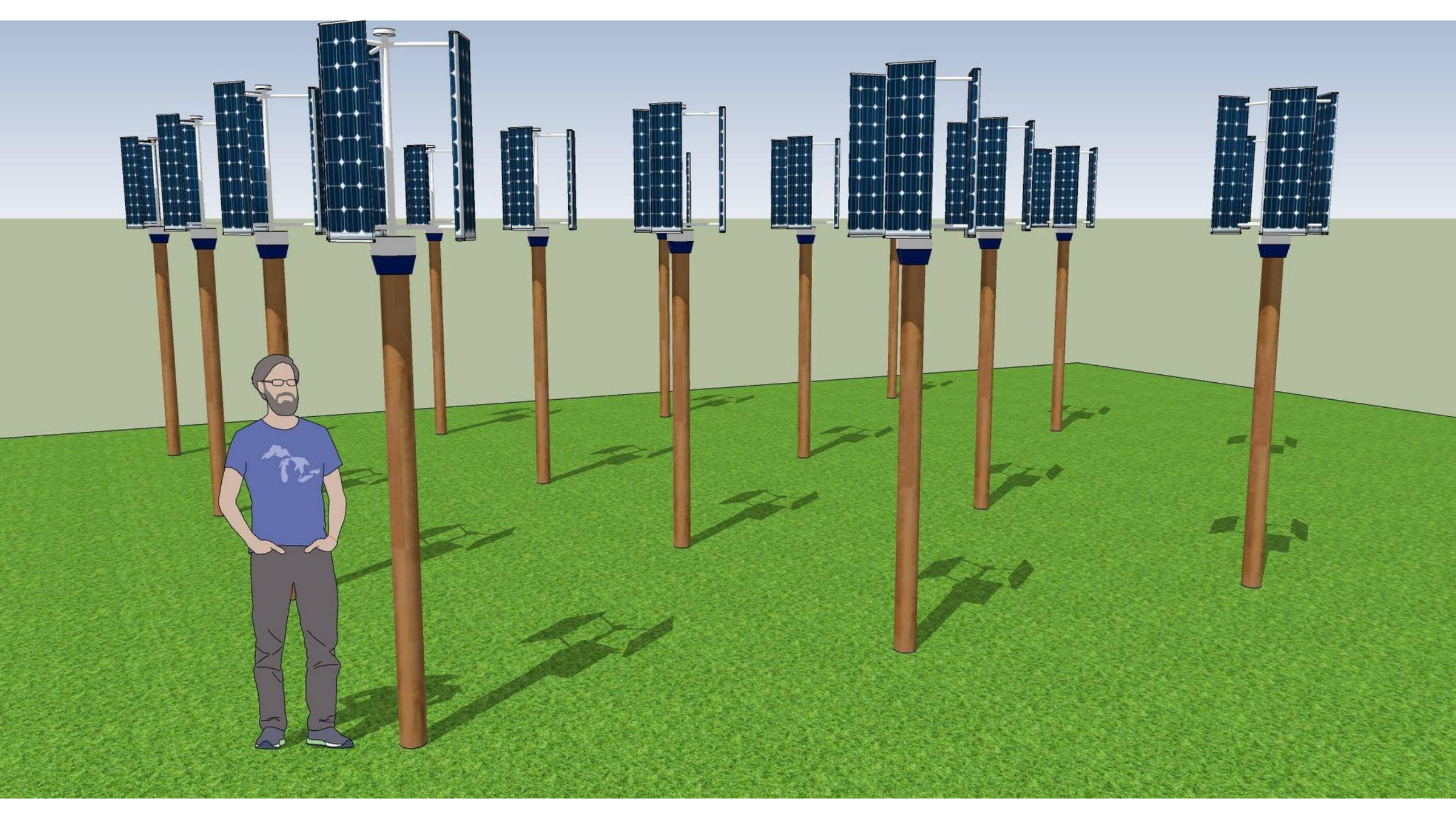
Týmová práce:

- robot, který provádí úkoly, pro které byl naprogramován,
- výrobce, který pracuje na neustálém zdokonalování robota tak, aby vyhovoval potřebám,
- uživatele, který musí být připraven změnit několik návyků a otevřít se novým praktikám.

V příštích několika letech lze uvažovat o nasazení co-robota, robota, který pracuje ve spojení s člověkem než počítat s nasazením, autonomního

Agrovoltaika ?





Děkuji za pozornost!