# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Katedra: Zemědělské techniky a služeb

Studijní program: N4101 – Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie


# DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití dat z výnosového monitoru sklízecí mlátičky Claas Lexion pro diferencované hnojení základními prvky pomocí stroje Terra Gator 8103


Vedoucí diplomové práce

**Ing. Milan Fríd, CSc.**

Autor

**Bc. Tomáš Mezera**



2009

**Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Využití dat z výnosového monitoru sklízecí mlátičky Claas Lexion pro diferencované hnojení základními prvky pomocí stroje Terra Gator 8103“ zpracoval na základě vlastních zjištění a materiálů uvedených v seznamu literatury.

V Českých Budějovicích 1. 4. 2009 …….

Tomáš Mezera

**Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Milanu Frídovi za cenné rady a odborné vedení mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat zaměstnancům ZZN Pelhřimov a. s., zejména Bc. Jaromíru Pankrácovi za vynikající spolupráci a ochotu při získávání potřebných podkladů.

# Obsah

**1Úvod.....7**

**2Literární přehled.....9**

2.1Hlavní myšlenka precizního zemědělství.....9
*2.1.1Časové a prostorové informace .....10*
2.2Monitorování stavu půdy.....11
*2.2.1Mechanické odběry půdních vzorků.....11*
*2.2.2Měření elektrické vodivosti.....12*
2.3Určování polohy.....14
*2.3.1DGPS signál.....16*
*2.3.2Projekt Galileo.....17*
*2.3.3Informace získané pomocí GPS.....18*
*2.3.4Užití aplikačních technologií.....20*
*2.3.5manuální satelitní navigace pro aplikační techniku.....22*
*2.3.6Variabilní aplikační technologie.....24*
*2.3.7Informační technologie pro monitorování výnosů a sběr dat.....24*
2.4Monitoring výnosového potenciálu.....28
*2.4.1Přímé měření výnosovým monitorem.....28*
*2.4.2Mapování výnosů zrnin.....29*
*2.4.3Čidla pro mapování okamžitého výnosu obilovin.....29*
*2.4.4Rozdělení používané techniky pro získávání dat.....35*
*2.4.5Mapování výnosů pícnin.....37*

**3Cíl práce.....40**

**4Metodika.....41**

**5Charakteristika firmy ZZN Pelhřimov .....44**

5.1Možnosti vedení paralelních pracovních jízd.....45

**6Získávání vstupních dat.....48**

6.1Tvorba výnosových map.....48
6.2Hnojivo aplikované podle potřeby.....49
6.3Aplikační mapa.....50
*6.3.1Aplikační mapa z více let.....51*
6.4Mapa skutečné aplikace.....52
6.5Hnojení dusíkem.....53
*6.5.1Možnosti hnojení.....54*
*6.5.2Dusíková bilance .....55*
*6.5.3Diferenciovaná aplikace dusíku – N senzor.....57*
*6.5.4Vlastní realizace v praxi.....59*
6.6Použití vápenatých hnojiv.....61

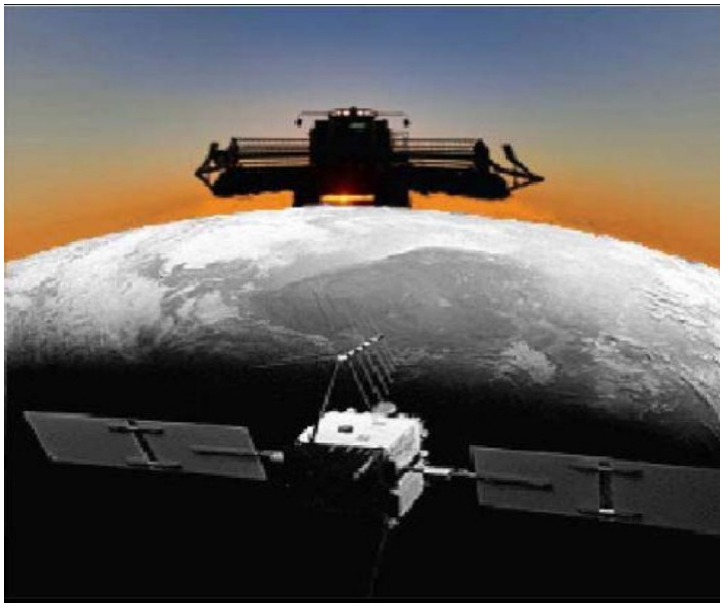
**7Diskuse a závěr.....63**

**8Příloha.....65**

**9Přehled použité literatury.....79**

# 1 ÚVOD

Zemědělství je základní existenční aktivitou lidstva, ale také aktivitou, která historicky nejvíce ovlivnila ekologické podmínky venkovského prostoru. Vzhledem k tomu, že zemědělství je jedním z faktorů ovlivňujících životní prostředí, nabízí se cesta, jak přizpůsobit systémy hospodaření na půdě tak, aby splňovaly požadavky trvalé udržitelnosti. K dosažení tohoto cíle musí posloužit ekologicky šetrnější cíle zemědělské technologie s menšími nároky na dodatkovou energii a neobnovitelné přírodní zdroje. Přizpůsobením podmínek pro udržitelný rozvoj zemědělství je možné dosáhnout pouze zásadními úpravami hospodaření s přírodními zdroji a ochranou životního prostředí. K tomu by mělo přispět důsledné definování a aplikace zásad správné zemědělské praxe hospodaření na půdě. Jedna z možností je aplikace zásad precizního hospodaření, ke kterému dnes neodmyslitelně patří družicová navigace (obrázek 1).



**Obrázek 1 – Družicová navigace [14].**

Základním smyslem precizního zemědělství (precision agriculture) je zvýšení efektivnosti vynakládaných vstupů prostřednictvím optimalizovaných a lokalizovaných zásahů a vstupů. V konečném důsledku to vede k nižším nákladům na výrobu zemědělských produktů a k nižšímu zatížení životního prostředí.

Přizpůsobování způsobu hospodaření lokálně specifickým podmínkám na poli není zcela novým principem. Vhodně šlo realizovat pouze v případě malých polí. Se zvětšující se výměrou jednotlivých honů bylo jasné, že jednotlivé podmínky (půdní,

vlhkostní atd.) na větším honu nejsou stejné, ale byly jen omezené možnosti je nějakým způsobem identifikovat a zohlednit. Rozvoj informačních technologií Geografický informační systém dále (GIS) a zpřístupnění přesné lokalizace polohy Global Positioning System dále (GPS) umožnilo vytvořit nové postupy lokálně cíleného hospodaření – precizní hospodaření. Zde je velmi důležitým pomocníkem družicová navigace. Podrobnější informace ze zemědělské výroby umožňují i přesnější řízení (a samozřejmě i kontrolu) rozvoje půdních vlastností, parametrů a charakteristik. Umožňují přesnější kontrolu stavu porostů, přesnější distribuci a využívání vstupů do systému hospodaření. Tyto informace nám pak mohou sloužit jako administrativní data, ale především nám pomohou zlepšit globální ekonomiku podniku, což je v dnešní době asi ta nejdůležitější otázka.

# 2 LITERÁRNÍ PŘEHLED

## 2.1 Hlavní myšlenka precizního zemědělství

Precizní zemědělství je strategie řízení, která využívá lokálně specifické informace o půdě a plodinách (ve významných fázích vývoje) ke zpřesnění vstupů podporujících produktivitu pěstovaných plodin.

„Základní myšlenka“ spočívá v tom, že veškeré vstupy:

- je potřeba aplikovat ve fázích, kdy bude zajištěno optimální využití nebo účinnost,
- budou aplikovány do míst, kde je jejich přítomnost opodstatněná a žádoucí (pesticidy – škodlivý činitel, hnojení – dle potřeb, možností využití pro případnou lokalitu a v dávce, v jaké jsou skutečně potřeba).

Tím lze zajistit lepší využívání zdrojů, optimalizovat materiálové a energetické vstupy a ekonomické parametry rostlinné produkce, zlepšit kvalitu zemědělských produktů a hlavně tak minimalizovat dopad na životní prostředí.

Základní produkční jednotka – pole.

Změna je v chápání funkce produkční jednotky. Dosud byla chápána jako homogenní jednotka a tomu odpovídá:

- určitá úroveň zpracování a obdělávání půdy,
- určitý způsob setí a velikost měrného výsevku,
- určitý způsob a úroveň základního a produkčního hnojení,
- určitá úroveň aplikace herbicidů,
- určitá úroveň výnosového potenciálu.

Trend ve vnímání produkční jednotky pole, honu eventuálně části jako „heterogenní prostředí“ jako jednotku:

- prostorově variabilní,
- časově variabilní.

ad. a) Prostorová variabilita – spočívá v rozdílných půdních vlastnostech v různých částech pozemku způsobující diferenci ve výnosech.

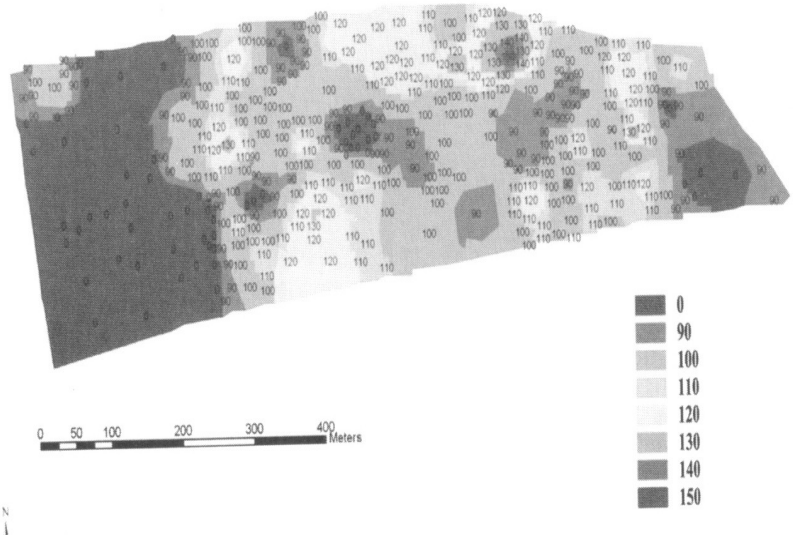
ad. b) Časová variabilita – projevuje se ročníkovými diferencemi v půdních vlastnostech a charakteristikách způsobujících variabilitu ve výnosech.

V konvenčním systému hospodaření producenti ve svém důsledku veškerého řízení a rozhodování stavěli na průměrných podmínkách a doufali, že vstupy jsou adekvátní pro větší část pole. Zmíněná variabilita nám ukazuje, že se musíme na každý pozemek koukat tak trochu jinak a přizpůsobit tak zásahy specifickým podmínkám.

### 2.1.1 Časové a prostorové informace

Variabilita příslušných prostorových parametrů se zjišťuje pomocí vzorkování v předem definované síti odběrových bodů, nebo se potřebné údaje zjišťují pomocí nejrůznějších senzorů (některé z nich pracují v reálném čase a umožňují okamžitou reakci na zjištěné údaje), nebo lze využít snímkování porostů a půdy. Na základě těchto dat jsou vytvářeny mapující snímky příslušných parametrů (obvykle po statistickém zpracování) a aplikační mapy následných opatření.

Podchycení a vhodná reakce na příslušnou variabilitu výše uvedených charakteristik a parametrů je základem precizního zemědělství, ať už se jedná o variabilitu časovou nebo prostorovou. Precizní zemědělství má za cíl zlepšit produkční účinnost cíleným ošetřením plodiny podle podmínek existujících na specifických zónách polí. Informační technologie precizního hospodaření mu umožňuje o těchto zónách získat maximum informací a přesně aplikovat vstupy podle těchto individuálních charakteristik. Optimalizace zemědělských vstupů (výsevky, dávky hnojiv, aplikace pesticidů) může přitom zlepšit ekonomický výsledek a redukovat riziko introdukce nežádoucích látek do prostředí. Vyžaduje to rozdělit jednotlivá pole na zóny pro relativně homogenní vlastnosti obhospodařování. Tyto jednotlivé zóny potom mohou být ošetřeny vzájemně odlišně (obrázek 2) [1].




**Obrázek 2 - Zóna hnojení fosforem (kg.ha$^{-1}$) – aplikační mapa [11].**

**Časové a prostorové informace zahrnují:**

1. Monitorování stavu půdy.
2. Určování polohy.
3. Monitorování výnosů (výnosové mapy) a sběr dat.

## 2.2 Monitorování stavu půdy

Nová technologie hospodaření v zemědělství nazývaná nyní nejčastěji precizní zemědělství nepředstavuje nějaký revoluční zvrat ve způsobech a praktikách hospodaření, ale je technologií, která vznikla logickým a normálním vývojem v praxi využívaných technologií současnosti. Přesnější a podrobnější informace ze zemědělské výroby umožňují přesnější řízení, kontrolu rozvoje půdních vlastností a parametrů, přesnější kontrolu stavu porostů a využívání vstupů do výroby. Jde tedy spíše o vývoj nových postupů hospodaření s využitím již izolovaně využívaných technologií, než o zavádění technologií zcela nových.

### 2.2.1 Mechanické odběry půdních vzorků

Od počátku šedesátých let u nás v pravidelných cyklech probíhalo agrotechnické zkoušení půd AZP. Při něm byly v určité nepravidelné síti odebírány půdní vzorky. Jeden průměrný vzorek byl teoreticky tvořený parciálními vzorky odebranými

rovnoměrně z celé plochy 5 až 10 ha. I když tato stanovení byla z hlediska omezené lokality poměrně nepřesná, určitou vypovídací hodnotu o větší lokalitě (honu) měla. S prvními problémy s plošnou variabilitou se začal rozvíjet obor statistiky nazývaný geostatistika (již od 30. let dvacátého století). Metody krigingu (tou byly vytvořeny všechny mapy v tomto příspěvku), inverzních čtverců atd. nejsou nové, ale nacházejí nové uplatnění při rozšíření vzorkování půd do praxe a později ještě více v precizním zemědělství.

Jestliže bychom chtěli zmapovat vlastnosti půdy na pozemku klasickými metodami, znamenalo by to odebrat velké množství půdních vzorků a následně je analyzovat v laboratoři, což je velmi pracné a náročné. Tyto nevýhody mohou být zmírněny půdními senzory, které měří elektrickou vodivost půdy ve spojení s GPS. Následně lze vytvořit mapy, které ukazují půdní rozdíly pozemku [3].

### 2.2.2 Měření elektrické vodivosti

Precizní zemědělství využívá podrobné, prostorově orientované, lokálně specifické informace o půdě a plodinách k zpřesnění vstupů podporujících produkci plodin. Přínos mapování elektrické vodivosti půd vychází ze skutečnosti, že často existují vztahy mezi elektrickou vodivostí a množstvím jiných vlastností půd, jako např. kapilární vodní kapacitou, hloubkou ornice, iontovou výměnnou kapacitou, obsahem organických látek, obsahem živin, vlastnostmi podloží atd., které vysoce ovlivňují produkční schopnost půd. Při využití map elektrické vodivosti půd v systému precizního zemědělství jde o porovnání map pomocí GIS programů s dalšími informačními vrstvami, jako jsou výnosové mapy, mapy zásobení půdy živinami, půdní průzkumy, historická znalost pozemku atd. Tato porovnání mohou pomoci snížit náklady vstupů, jako jsou osiva, hnojiva, nebo chemické přípravky, zvýšit výnosy a šetřit zatížení životního prostředí.

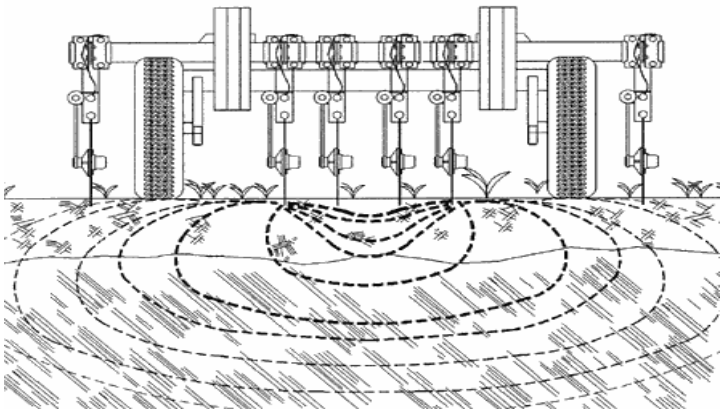
Elektrická vodivost představuje schopnost materiálu vést elektrický proud. Tato schopnost je různá pro každý materiál, např. písek má nízkou vodivost oproti jílu. Vodivost půdy tedy silně závisí na velikosti a struktuře půdních částic. Na elektrickou vodivost mají velký vliv i další fyzikální vlastnosti půdy, jež jsou zároveň základními faktory ovlivňujícími produkční schopnosti půdy. Jde například o iontovou výměnnou kapacitu, obsah organické hmoty, zasolenost půdy, vlhkost půdy, mocnost jílového podloží, objemová hmotnost půdy atd. Dalším činitelem ovlivňujícím elektrickou

vodivost půdy je její teplota, kdy nepřesnosti měření se významně zvětšují při teplotách pod bodem mrazu. Sláma a jiné posklizňové zbytky mohou přesnost měření také ovlivňovat.

Pro měření elektrické vodivosti půdy jsou používány dvě základní metody, tj. metoda bezkontaktní, využívající elektromagnetickou indukci, a kontaktní metoda, založená na kontaktních, většinou talířových senzorech. Bezkontaktní i kontaktní senzory využívají stejnosměrný či střídavý elektrický proud o nízké frekvenci. Tyto metody nejsou nové. Například geologové a archeologové využívají sondy pracující na podobných principech při hledání tektonických zlomů, nerostných ložisek nebo kovových předmětů. Ale až v poslední době se nabízí možnost jejich širšího použití v systému precizního zemědělství, a to díky využití signálu GPS spojeného s možností zpracovat naměřené údaje do map.

*Bezkontaktní senzory* nepřicházejí do přímého styku s půdou, ale skládají se z vysílací jednotky generující indukční elektromagnetické pole, které se přenáší do půdy a z přijímací jednotky, která měří odezvu.

*Kontaktní senzory* měří elektrickou vodivost půdy elektrodami, které jsou v přímém kontaktu s půdou. Například u senzoru se šesti elektrodami (obrázek 3) je elektrický proud přiváděn přes střední elektrody do země, tím se vytváří v zemi přibližně eliptické proudové pole. Přes vnitřní a vnější pár elektrod se měří úbytek napětí. Elektrody se pohybují v hloubce do 10 cm. Půda přitom představuje pro elektrický proud odpor, který se dá vypočítat ze změřeného úbytku napětí mezi elektrodami a ze známé velikosti proudu. Převrácenou hodnotou odporu je vodivost, která se udává v jednotkách milisímens na metr ($mS.m^{-1}$). Měřící zařízení se šesti elektrodami může měřit jednak v hloubce cca 0-30 cm vnitřním párem elektrod a v hloubce cca 0-80 cm vnějším párem elektrod.



**Obrázek 3 – Elektrody pro měření elektrické vodivosti půdy [15].**

Používané senzory jsou buď přenosné nebo tažené. Přenosné senzory jsou využívány především při výzkumu a průzkumu v terénu a k měření ve vybraných lokalitách. Tažené senzory mohou měřit sledované veličiny kontinuálně při svém pohybu, a proto jimi lze mapovat celé pozemky. Mapa elektrické vodivosti byla pořízena pomocí přenosného senzoru (obrázek 4). V nedávné době však byl pro další měření vyvinut nesený přístroj, který je obdobný jako výše popsaný kontaktní senzor se šesti elektrodami.

**Obrázek 4 – Senzor pro měření vodivosti kontaktním způsobem [15].**

Elektrická vodivost může sloužit jako prostředek pro vyjádření některých fyzikálních vlastností půd. Při sklizni byla vytvořena výnosová mapa uvedeného pozemku. To umožnilo vizuálně porovnat prostorové vzorce na mapách půdní vodivosti a na výnosové mapě [3].

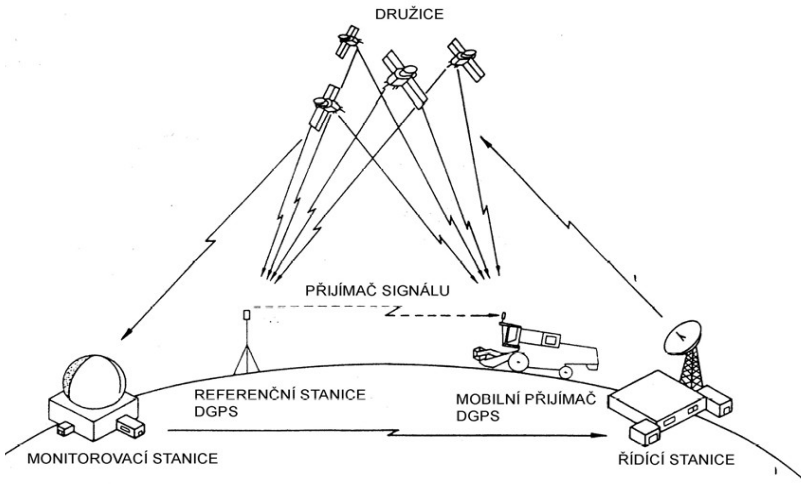
## 2.3 Určování polohy

Fakt, že prostředí obdělávaných pozemků je rozdílné metr po metru, je známý již mnoho let. Již na konci 30. let někteří autoři upozorňovali, že půda v rámci jednoho pozemku je natolik rozdílná, že těmto rozdílnostem by mělo být přizpůsobeno její

obdělávání a také doplňování nezbytných hnojiv. Nicméně v této době neexistovaly technologie, které by dovolovaly tyto myšlenky uvést do praxe.

Až s rozvojem družicového navigačního systému GPS a možností jeho využití v civilním sektoru bylo možno s dobrou přesností zaměřit jednotlivé části pozemků a kdykoliv se k těmto místům vracet. Jakmile začala existovat tato možnost, byl již pouhý krůček k pokusu o propojení zkušeností zemědělců s měnícím se prostředím na různých místech v rámci jednoho pozemku s detekcí zeměpisné polohy těchto míst.

Zjišťování okamžitého výnosu zrna je základním prvkem v rozvíjejícím se systému hospodaření u nás známém pod názvem precizní zemědělství. Precizní zemědělství zohledňuje skutečnost, že pole jako celek, ale i půda svými vlastnostmi, zásobami živin, vlhkostí a podobně, představuje prostorově proměnlivé prostředí. Této skutečnosti je přizpůsobován i systém jednotlivých operací např. hnojení, ochrana rostlin. Vychází z globálního navigačního systému GPS vyvinutého v USA původně pro vojenské účely. Princip GPS (obrázek 20) je založen na vysílání signálu navigačními družicemi, jeho příjmu a zpracování přijímači GPS. Zemi obíhá na velmi přesných drahách 24 navigačních družic ve výšce 20000 km. Sklon jejich dráhy vzhledem k rovníku je 55 stupňů a doba oběhu je 12 hodin. Družice jsou vlastně radiovými majáky na oběžné dráze, které nepřetržitě vysílají informace o své poloze na kmitočtu 1,5 GHz. GPS přijímač na Zemi dokáže tyto informace přijmout a dekódovat a zobrazit polohu s přesností 1 až 5 m.



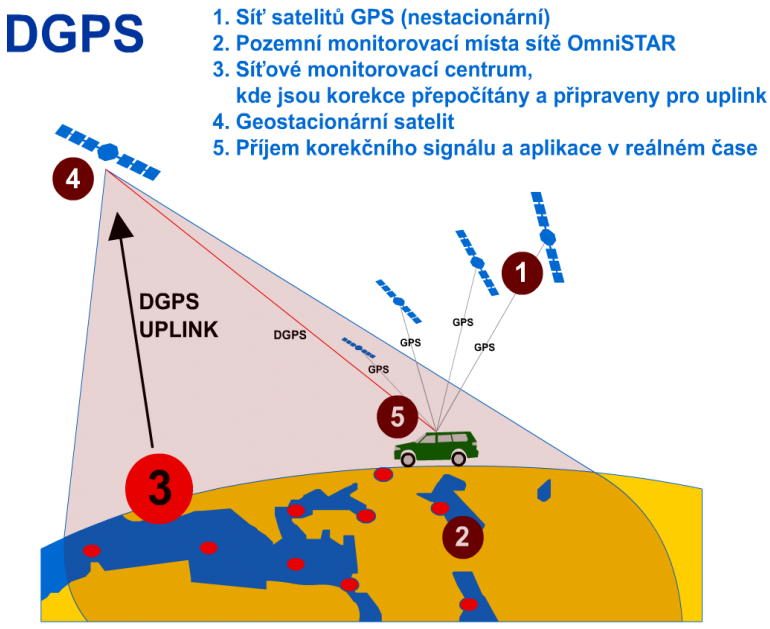

**Obrázek 5 - Schéma družicového navigačního systému [14].**

Pokud požadujeme maximální přesnost je nutné použít technologii Differential Global Positioning Systém dále DGPS – obrázek 5. Stanice zná svojí polohu a zlepšuje přesnost určení polohy v systému DGPS.

### 2.3.1 DGPS signál

Významného zvýšení přesnosti určování polohy v reálném čase se dosahuje použitím diferenčních metod měření. Systém DGPS firmy OmniSTAR je metoda, která využívá při výpočtu polohy neznámého bodu korekce z referenční stanice. Zpřesnění určení polohy můžeme dosáhnout korekcí polohových souřadnic nebo korekcí zdánlivých vzdáleností (obrázek 6). DGPS odstraňuje malou, ale i přesto existující nepřesnost atomových hodin jednotlivých satelitů, odchylky v pozici na orbitu a drobné zkreslení signálu při průchodu ionosférou.

Samotná firma OmniSTAR uvádí u signálu Virtual Base Station (VBS) přesnost pass- to- pass 0,2 až 0,3 m v 95 % měření. Vozidlo s GPS anténou přijímá signály z GPS satelitů. Služby OmniSTAR mají GPS přijímače ve známých referenčních místech, které vysílají korekční zprávy k řídicím stanicím. Korekční zprávy se potom předávají vzestupně ke geostacionárnímu satelitu (OmniSTAR), který je vysílá k GPS anténě na vozidle a ta opravu použije [2].




**Obrázek 6 – Schématické znázornění DGPS [17].**

### 2.3.2 Projekt Galileo

Projekt Galileo je přesný navigační systém pro Evropu a jeho realizace je z důvodů omezení závislosti na americkém Globálním pozičním systému GPS. V současné době existují dva navigační systémy – známý GPS a ruský GLONASS. Oba vojenského původu. Evropa nyní udělala první krok k vytvoření vlastního systému tím, že v německém městě Langen otevřela kontrolní středisko služby Egnos. Ještě to není nezávislý systém, protože využívá služeb amerického GPS. Jde však o první významný počin na cestě ke zcela samostatnému navigačnímu systému Galileo. Tento systém by měl být ještě přesnější než americký a na rozdíl od něj by měl být pod civilní kontrolou. Jeho funkci by mělo zajišťovat 30 družic (obrázek 7), ale čas na jejich výstavbu je zapotřebí minimálně 4 roky. Projekt byl plánován do funkční realizace na rok 2010 a jeho přesné fungování na rok 2013.

**Obrázek 7 - Jedna z družic systému Galileo [19].**

Kromě zdarma dostupného veřejného signálu by měl Galileo nabízet i kódovaný signál pro komerční využití. Na realizaci tohoto projektu by se měla podílet řada soukromých firem, ale už teď se toto řešení setkalo s mnoha problémy a tak se finanční podpora těchto investorů stává pro Unii bodem pro prodloužení vlastní realizace. Financování tak velkého projektu není záležitost několika milionů, ale suma peněz se pohybuje řádově v miliardách. Proto i pro samotnou Unii je tato realizace dlouhodobou záležitostí a přesto se setkáváme se zeměmi, které tuto její štědrost kritizují. Jsou jimi například Velká Británie, která je vůči Galileu skeptická a dává spíše přednost

americkému systému GPS. Unie nyní také hrozí, že by kvůli zdržením v přípravě Galilea mohla její projekt předehnat Čína, která oznámila spuštění vlastního navigačního systému.

Zatím se však pro účely zemědělství stále plně využívá americký systém a jaká bude budoucnost ukáže asi jenom čas.

### 2.3.3 Informace získané pomocí GPS

Pro řízení zemědělské techniky má velký význam skutečně dosahovaná výkonnost strojů. Data zaznamenaná při monitorování pomocí GPS nám umožňují korigovat produktivitu práce strojů v konkrétních provozních podmínkách. Při hodnocení záznamů práce strojních souprav pro zpracování půdy a hnojení se prokázal vliv provozních faktorů na operativní výkonnost dosaženou na jednotlivých pozemcích. Teoretická výkonnost daná exploatačními charakteristikami stroje se snižuje vlivem většího podílu neproduktivních jízd na malých a tvarově nepravidelných pozemcích. Mezi průměrnou pracovní rychlostí nebo ujetou jednotkovou dráhou na pozemcích a definovanými třídami velikosti, délky a tvaru pozemků existuje korelace. Z ní vyplývající znalost závislosti operativní výkonnosti na provozních vlastnostech pozemků umožní zpřesnit plánované nasazení strojů.

Podíl nákladů na strojní práci v technologiích výroby rostlinných produktů v současné době vzrostl. O efektivnosti využití stroje v pracovním postupu rozhoduje maximálně dosažitelné roční využití při splnění všech agronomických a agrotechnických požadavků. Pro dosažení vysokého využití zemědělské techniky a při sestavování strojních linek nabývá na významu skutečně dosahovaná provozní výkonnost strojů.

Pro prvotní posouzení, jak se bude strojní vybavení chovat v konkrétních podmínkách, se využívají normativy a normy jednotkových, dávkových a směnových časů a průměrné pracovní rychlosti. Podklady pro tento postup projektování jsou často zastaralé, jejich obnova zaostává za rychlým vývojem výrobních technologií a pracovních postupů. Moderní a vysoce výkonné stroje se vybavují monitory a řídícími jednotkami, které mohou přijímat i data GPS. K zeměpisným souřadnicím polohy zaznamenávají reálný čas, vektor rychlosti a vybraná data o práci stroje (průtok materiálu, pracovní odpor, spotřeba nafty atd.). Ve světě se tato data využívají

k vyhodnocení „polní výkonnosti“, pracovní rychlosti a neproduktivní době na jednotlivých pozemcích. Při grafickém zobrazení trajektorie stroje nad pozemkovou mapou podniku pomocí vhodných programů GIS může vyškolený operatér analyzovat průběh nasazení stroje během směny. Nástroje GIS umožňují i klasifikovat technické a výrobní podmínky pozemků (komunikační přístup, velikost a tvar). Hodnocení exploatačních parametrů strojů ve vztahu k těmto provozním faktorům je kvalitativním přínosem této metody oproti klasickému časovému snímkování.

V České republice, kde se v rostlinné výrobě řídící jednotky s příjmem souřadnic polohy v reálném čase začínají teprve rozšiřovat, používáme pro sledování strojních souprav přijímač družicové navigace GPS se záznamníkem dat. Zastává funkci elektronického tachografu, který zapisuje data bodů v nastavitelném intervalu 3 vteřin. Data obsahují reálný čas s přesností 1 s, zeměpisné souřadnice, vektor rychlosti a stav 2 binárních vstupů. Digitální záznam dat z paměti záznamníku se po připojení k PC přečte, přetransformuje a zaznamená do databáze formátu DBFIII nebo TXT. Lze jej vyhodnocovat běžnými tabulkovými procesory nebo v GIS. Zpracováním časových hodnot tabulkovými procesory získáme kontinuální přehled struktury časů směny stroje s možností členění – prostoj, přejezd, doba práce stroje za kalendářní dny. Pro určení operativní výkonnosti je však nutné grafické předzpracování v GIS (přenesení atributů z grafického zpracování vlastností pozemků do databáze bodů), které rozšíří možnosti třídění a odečtu časů, rychlosti a ujeté dráhy podle příslušnosti k jednotlivým pozemkům. Podmínkou pro tento způsob zpracování je i vytvoření aktuální digitální pozemkové mapy.

Základem při vyhodnocení dat GPS je platná zásada pro většinu strojů:

- pokud stroj na pozemku stojí, nepracuje;

- když jede, pracuje nebo koná nepracovní jízdu.

Rychlost lze použít jako charakteristický ukazatel k rozlišení jednotlivých částí operace. Průměrná pracovní rychlost dosažená na pozemku je váženým průměrem za čas jednotlivých částí operace. Pokud vyloučíme prostoje (z monitorovaného záznamu většinou nepoznáme jejich příčinu), můžeme ji považovat za „operativní rychlost“ a za základ pro výpočet operativní výkonnosti [2].

### 2.3.4 Užití aplikačních technologií

Významnou skupinou strojů používaných v precizním zemědělství je aplikační technika. Jedná především o stroje, které jsou používány k ochraně rostlin a hnojení.

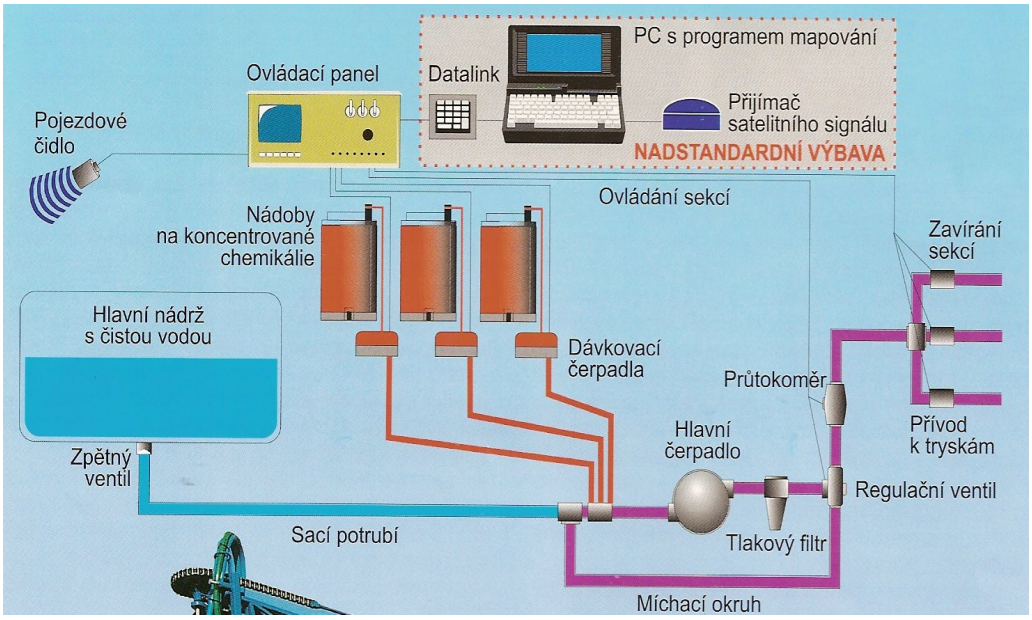
Lokálně diferencované hnojení půdy živinami je nyní již všeobecně známou záležitostí praktikovanou ve většině moderních podniků. Na pozemku, kde dochází k výskytu vytrvalých plevelů v ohniscích a na okraji pozemku, kde bývá větší zaplevelení, je třeba aplikace vyšší dávky herbicidu než na ploše s nižším výskytem plevelných rostlin. Obdobné je to s aplikací fungicidů, kdy porosty lokalizované v depresích terénu mají vyšší riziko napadení plísněmi, neboť v těchto lokalitách bývá porost velmi hustý díky vyšší koncentraci živin způsobené jejich splavováním do prohlubně. Zajistit požadavek na změnu dávky přípravku v závislosti na lokálních podmínkách (stupeň napadení, růstová fáze plodiny, účinnost specifické aktivní složky, potřebě či nedostatku výživových látek) lze buď změnou pojezdové rychlosti a tlaku, přímou injektáží nebo volbou vhodné kombinace trysek.

Způsob regulace pomocí *změny rychlosti pojezdu a tlaku* je možné použít u každého postřikovače, který má dálkově ovládaný regulační tlakový ventil. Tento způsob regulace je velmi levný, protože nevyžaduje žádné další příslušenství a má velmi krátkou reakční dobu. Nevýhodou je omezení změny dávky v rozsahu ± 30 %. Další nevýhodou je také, že není možná aplikace různých přípravků s různou koncentrací, jako tomu je u přímé injektáže, neboť v nádrži je již namíchána postřiková jícha o předepsané koncentraci. S tímto řešením na přípravcích neušetříme a dopad na životní prostředí také nesnížíme.

V případě *přímé injektáže* je v hlavní nádrži postřikovače pouze čistá voda nebo kapalné hnojivo (např. DAM). Koncentráty přípravků jsou ve zvláštních nádobách o malém objemu, lze použít i práškové přípravky a mikrogranuláty, které se rozmíchají v malém množství vody. Na řídící jednotce se navolí dávka vody nebo kapalného hnojiva ($1.ha^{-1}$) a dávky jednotlivých přípravků. Počet přídavných nádrží odpovídá počtu možných aplikovaných přípravků na jeden přejezd stroje. Při aplikaci se jednotlivé přípravky dávkují do sání hlavního čerpadla (v případě systému americké firmy MID-TECH dodávané firmou LH AGRO). V čerpadle dojde k dokonalému promíchání přípravků s nosnou kapalinou a tato jícha je dopravena k regulačnímu ventilu, kde se dělí průtok na dvě větve. Část průtoku pokračuje k jednotlivým tryskám

na aplikačním rámu a část průtoku se vrací do sání před hlavní čerpadlo. Důležitou podmínkou pro praktické využití přímé injektáže je co nejmenší průřez hadic postřikovače a co nejvyšší rychlost reakce regulačního ventilu. Samozřejmostí je sledování skutečné pojezdové rychlosti pomocí radaru, nebo snímání otáček nepoháněného kola. Ovládat dávkovací jednotky přípravků lze buď manuálně nebo plně automaticky. Pokud ovládáme regulaci dávky manuálně, musí obsluha daný pozemek perfektně znát. Vyloučit chybu lidského faktoru lze pomocí čipové karty, na které je uložena aplikační mapa pozemku. Řídící jednotka s přijímačem GPS a danou aplikační kartou zajistí zcela přesnou aplikaci bez negativního vlivu lidského faktoru.

Dnešní systémy umožňují přisávat až 4 různé druhy pesticidů současně, nezávisle na sobě přímo z originálních obalů (např. zařízení německé firmy MSR Dosiertechnik GmbH, používané u postřikovačů HARDI). Tato zařízení má v hlavní nádrži čistou vodu a jednotlivé přípravky se přisávají dle potřeby. Pokud začne během aplikace pršet, tak můžeme bez problému práci ukončit, neboť v nádrži je čistá voda a přípravky jsou v originálních obalech. Nevzniká tedy žádný problém se zbytky postřikové kapaliny jako u klasického způsobu aplikace. Schématické znázornění činnosti aplikace je na obrázku 8.




**Obrázek 8 – Schéma injektáží aplikace [17].**

Nebo může být v nádrži namíchána postřiková jícha, jejíž dávka je uniformní pro celou ošetřovanou plochu (fungicid, insekticid) a jen v určitých částech pozemku (např. ohniskové zaplevelení pcháčem či pýrem) se přisává další přípravek – herbicid. Díky

tomuto lokálně diferencovanému způsobu aplikace snižujeme spotřebu přípravků, čímž se zlepšuje bilance nákladů. Zároveň se snižuje ekologická zátěž životního prostředí hospodárným využitím pesticidů jen tam, kde je to potřeba. Předností systému MSR je velmi krátká reakční doba, protože se přípravky přimíchávají až za hlavním čerpadlem. Tím se zkracuje cesta přípravku k tryskám. Dráha, kterou souprava po poli ujede než přípravek dojde k trysce, je cca 20 m, u některých jiných systémů je tato dráha až 60 někdy i 70 m.

*Systém on-line volby* trysek pracuje na zcela odlišném principu. U tohoto systému je v nádrži namíchána postřiková jícha o dané koncentraci a změna aplikovaného množství se provádí různou kombinací trysek. Na aplikačním rámu postřikovače jsou ve vzdálenostech zpravidla od 20 do 50 cm od sebe instalovány přepínatelné, vícenásobné tryskové jednotky. Každá trysková jednotka je jednotlivě pneumaticky ovládána pracovním počítačem, čímž vzniká možnost nastavení vhodné kombinace trysek v závislosti na požadované dávce postřiku. Průměry trysek jsou v závislosti na konkrétní aplikaci zcela volitelné. Při jejich výběru je však nutné brát ohled na to, aby se dávkovaná množství upravovaná pomocí kombinace trysek překrývala, aniž by došlo k překročení přípustného tlakového rozsahu. V průběhu aplikace potom spíná řídící počítač pro požadovanou dávku postřiku optimální kombinaci trysek. Na základě různých variant se získají velké rozsahy překryvu jednotlivých kombinací trysek. Tím se lze vyvarovat značných tlakových rázů při záměně jednotlivých kombinací trysek. Vznikem tlakových rázů by se systém stal nestabilní. Podmínkou pro použití tohoto systému je existence datové karty pozemku a GPS přijímač, který zajistí zcela přesnou aplikaci [1].

### 2.3.5 Manuální satelitní navigace pro aplikační techniku

Manuálním naváděním se rozumí řízení pracovní soupravy samotným člověkem. Ten stroj navádí ve zvolené stopě pomocí monitoru nebo světelné lišty, kterou má umístěnou v zorném poli, většinou na předním skle nebo v blízkosti předního skla. Světelná lišta je vlastní panel, ve kterém jsou umístěny po celé jeho délce LED diody, které se při vychýlení ze zadané stopy rozsvítí na pravé či levé straně panelu, což upozorní řidiče na změnu směru jízdy. Čím větší je odchylka, tím více diod se rozsvítí. Aby se ještě více zvýraznila zjištěná odchylka od daného směru jízdy, jsou většinou LED diody odlišené ještě barevně, v závislosti na velikosti odchylky. Novější typy již

používají také grafickou LCD obrazovku, která ulehčuje navigaci při otáčení na souvratích, při najíždění do další paralelní jízdy a při vedení jízd po křivkách. Na monitoru je znázorněna stopa, po které se má pracovní souprava navádět. Tento způsob vyobrazení je přehlednější a snažší pro včasné zareagování na možnou odchylku od správného směru jízdy.

Oba tyto způsoby informující řidiče o směru jízdy a jsou v dnešní době velmi rozšířené mezi všemi výrobci navigátorů. Při manuálním navádění pracovních souprav je limitujícím prvkem v dosažené přesnosti obsluha.

Světelné lišty sloužící k navigaci pracovních souprav po pozemku a jsou schopné navádět v daných trajektoriích dle přesnosti signálu DGPS. Výrobce satelitních zařízení udává přesnost navigace jako odchylku od správného pracovního záběru dvou sousedních jízd. Je to vlastně nepřesnost daného přijímaného signálu, která činí +/- 30 cm. V případě manuálních navigátorů je třeba ještě k této nepřesnosti přijímaného signálu připočítat chybu samotného řidiče, který sleduje světelné diody a podle toho s určitým zpožděním reaguje. Pro tyto účely se používá GPS naváděcí systém se světelnou lištou (např. firma Trimble) - obrázek 9.

**Obrázek 9 – Satelitní navigace AgGPS EZ – Guide Plus [16].**

Pro navádění pracovních strojů při ochraně rostlin se stále více využívá satelitní navigace s různou přesností diferenčního signálu GPS. Tyto navigační systémy postupně nahrazují pěnové značkovače postřikovačů. Dosažená přesnost při navazování pracovních jízd mezi jednotlivými sousedními jízdami zásadně ovlivňuje velikost úspor pohonných hmot, aplikovaného materiálu, času, ale i možnost zvýšení výnosu plodin.

S přesnějším dodržováním pracovních záběrů zároveň dochází ke snížení plochy dvojnásobného překrytí pracovních záběrů a tím také ke snížení rizika předávkování částí pozemků agrochemikáliemi [5].

### 2.3.6 Variabilní aplikační technologie

Tato technologie je umožněna strojům, které mohou automaticky měnit dávku (úroveň zásahu) v závislosti na své poloze na poli. Systémy variabilní aplikace jsou dostupné pro aplikaci různých látek (granulovaná a tekutá hnojiva, pesticidy, osivo). Nejrozšířenější jsou postřikovače pro chemickou ochranu a rozmetadla hnojiv, hnoje a aplikátory vápenných hmot. Základem systému je kontrolní jednotka, která dávkuje podle polohy (DGPS) a na základě analýzy situace na poli zpracované do aplikační mapy. Řidič kontroluje dávkování výběrem příslušné hodnoty z monitoru, podle pozice stroje na poli a podle pozice v příslušné aplikační zóně, nebo je tato operace prováděna automaticky integrací údajů DGPS a GIS databázi přes příslušný řídící systém. Aplikační dávka se mění automaticky podle pohybu vozidla na poli.

Geografické informační databáze, počítačové modelování a počítačové řízení aplikačních mechanismů s kontrolou pozice na poli umožňují prostorově cílené aplikace zásahu, a tak ve svém důsledku lepší využití produkčního potenciálu obhospodařované plochy. Efektivnost korekčního zásahu se sleduje u následné plodiny. Geograficky orientované databáze výnosotvorných faktorů a výnosů umožňují provádět historické záznamy o hospodaření na pozemku a jejich následné zpracování do distribučních a zásahových map.

V současné době existuje několik desítek systémů pro výnosové mapování, vzorkování a interpolací výsledku analýz, informačních databází a systémů zpracování dat a jejich analýzy, mapovací systémy, systémy pro tvorbu aplikačních map a podpůrné rozhodovací systémy. Rozhodovací systémy na základě agronomické interpretace analyzovaných dat o variabilitě produkčního potenciálu lokality a variabilitě výnosů optimalizují a lokalizují vstupy podle jednotlivých zón hospodaření včetně posouzení rentability diferencovaného agrotechnického zásahu [1].

### 2.3.7 Informační technologie pro monitorování výnosů a sběr dat

Systém precizního zemědělství není postaven pouze na zjištěné variabilitě výnosu plodin a jejich kvalitě, ale zejména na heterogenitě podmínek pro pěstování

plodin v rámci jednoho honu či výrobní oblasti. Hlavním úkolem je ekonomicky zhodnotit zjištěnou heterogenitu podmínek v návaznosti na stanovení optimálních nákladů na jednotku produktu včetně požadavků trhu produktů a vytvořit agronomická doporučení, která budou zpětně variabilně kopírovat potřeby proměřených oblastí. Sběr dat zaznamenal prudký rozvoj v systému precizního zemědělství právě v návaznosti na informační technologie (IT) a jejich míru využití ve výrobě na zemědělských podnicích či rodinných farmách, nebo ve službách nabízených pro polní práce, v systému agronomických doporučeních a rovněž také v oblasti řízení podniků a farem. Velice důležitá je kvalita dat, a v tomto ohledu nemalou měrou kvalitu pořízených dat zvyšuje doplňující informace o zeměpisných souřadnicích místa zjištěné pomocí GPS a časová hodnota, ze kterého místa a kdy byla data pořízena a za jakých podmínek byl odběr vzorku nebo měření provedeno.

Dnes již můžeme říci, že precizní zemědělství nastartovalo hned několik směrů v oblasti zpracování a využití dat v rámci rostlinné výroby v podniku či farmě, a to:

**1.** Sběr dat v oblasti řízení farmy, tzv. *„Farm management“*.

Management podniku či majitel farmy sbírá (přebírá) data potřebná pro řízení farmy v oblasti výroby a dalších investic.

Získaná data a informace mohou být:

- informace o pěstebních oblastech a daňové povinnosti podniku či farmy,
- informace o pronájmu půdy,
- informace o cenách vstupů,
- informace o cenách produktu na trhu,
- sekundárně využita pro účely rozhodování a kontroly.

Pomocí bezdrátové aplikace pro přenos dat jsou tato data přístupná odkudkoliv a kdykoliv. Dotační podpory jsou v mnohých případech směřovány k určité, zákonem nebo vyhláškou definované lokalitě (např. LFA oblasti, hrazení bystřin, zalesňování, pěstování rychle rostoucích dřevin, ekologické oblasti). Z těchto důvodů je žádoucí dynamický lokálně cílený přístup, který po zjištění polohy systémem GPS a následným dotazem do centrálního datového skladu umožní zjistit parametry o dané lokalitě

potřebné buď ke zjištění nároku na dotační podporu, nebo ke kontrole oprávněnosti nároku.

**2.** Sběr dat v oblasti pěstování polních plodin, tzv. *„Crop management“*.

Nejvíce rozvinutá oblast sběru dat v precizním zemědělství. Nejde jen o monitoring plodiny během vegetace, její výživy a ochrany proti škůdcům a chorobám, jak by se dalo z názvu odvodit, ale jde rovněž o sledování a sběr dat o půdě či množství srážek a jejich rozmístění v době vegetace.

Základní sběr dat a měření v oblasti „Crop management“ může rozdělit na dva základní způsoby:

a) kontaktní metody odběru vzorků a měření,

b) bezkontaktní metody pro měření a sběr dat.

V praxi se používají oba systémy sběru dat dle potřeby, vhodnosti a nákladovosti provozovaného systému.

ad. a) Tradiční metody pro stanovování hodnoty odebraného vzorku laboratorní cestou, kde výsledné hodnoty jsou zpětně přiřazeny kontrolnímu stanovišti v centrální databázi GIS. Technologický postup odběru je zde přísně dodržován pro všechna kontrolní stanoviště a opakování. V praxi jsou laboratorně analyzovány půdní vzorky pro stanovení zásobenosti sledovaných živin. Při laboratorní analýze stanovujeme hned několik ukazatelů najednou. Testování kontaktní metodou lze provádět i přímo na poli. Tyto metody jsou méně přesné v porovnání s laboratoří a jsou ve většině případech vhodné ke stanovení pouze jedné hodnoty. Jejich využití je velmi oblíbené pro jejich jednoduchost a okamžité stanovení měřené hodnoty, ať už půdních či rostlinných vzorcích.

ad. b) Bezkontaktní metody využívané pro sběr dat a monitoring plodin a půdního povrchu jsou velmi oblíbené z důvodu času zpracování dat, přesnosti měření a množství získaných dat. K tomuto měření se používají aktivní nebo pasivní senzory pro snímání světla v určité vlnové délce umístěné v praxi na aplikačním stroji, letadle či družici. U pozemních měření jsou zejména využívané vlastnosti, jako je doba zpracování a přesnost měření v tzv. „on line“ metodách, kdy aktivní či pasivní senzor je umístěn na aplikačním stroji. Za pojezdu stroje jsou snímány vlastnosti povrchu či plodiny, vyhodnoceny a stanovená dávka je ihned aplikována. Tato metoda má velkou

přednost pro svoji pohotovost, nevyžaduje speciální přípravu ani jiný sběr dat před aplikací, je však náročná na odbornou způsobilost obsluhy. V praxi velmi oblíbenou metodou je letecké nebo satelitní snímkování. Tyto metody produkují velké množství dat s dostatečnou přesností a jsou velmi oblíbené při stanovování tzv. „management" zón. Jejich nevýhodou je poměrně dlouhá doba mezi pořízením dat a jejich praktickým použitím. U leteckého snímkování lze tuto dobu zkrátit až na 1-2 dny, avšak při využití satelitních snímků musíme počítat s dobou delší než 14 dnů.

**3.** Sběr dat v oblasti používaných strojů v provozu, tzv. *„Fleet management"*.

Výrobce stroje i jejich provozovatel mají k dispozici data typu:

- teplota oleje, chladicí kapaliny,
- stavy kapalinových náplní ve stroji (kvalita, množství),
- stav pracovních hodin stroje – míra využití stroje,
- spotřeba paliva,
- signalizace poruchy,
- poškozený díl.

Data se sbírají do centrální sběrnice stroje odkud mohou být přenášena pomocí čipové karty či disketové jednotky. K dispozici je dnes i bezdrátová komunikace pro přenos dat na bázi sítě General Packet Radio Service (GPRS), které provozují operátoři telefonních sítí pro mobilní telefony.

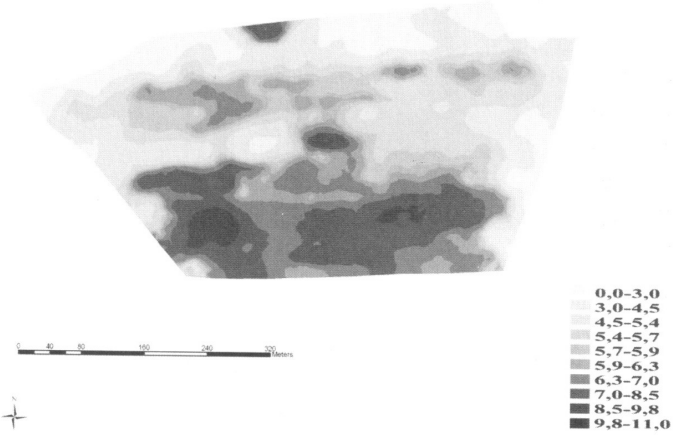
Sběr dat v oblasti automatického řízení strojů a využití pracovních sil v provozu, tzv. *„Labor management"*.

Tento směr se začíná rozvíjet v oblastech s velkou výměrou polí a výrobci automatického řízení strojů chtějí svými výrobky snížit nárok na odbornou způsobilost obsluhy pro řízení strojů a rovněž tímto chtějí odstranit náročnou práci. V praxi to znamená najímání sezónních pracovníků pro přípravu půdy, setí, výživu ochranu a sklizeň bez větších nároků na jejich odborné vzdělání a zapracovanost v oboru [1].

## 2.4 Monitoring výnosového potenciálu

### 2.4.1 Přímé měření výnosovým monitorem

Jedním z klíčových nástrojů precizního hospodaření je mapování výnosů. Ve srovnání s cenou ostatních zemědělských vstupů není ani příliš drahé. Potenciální zisk mapování výnosů je spojován spíš se sofistikovaným využíváním variabilních aplikačních technologií (hnojením a dalšími vstupy), ukazuje se, že je zde několik okamžitých výhod mapování výnosů. Na základě výnosových map různých polí a části pole je možné zlepšit výběr plodin, identifikovat problémy způsobené předplodinou, identifikovat výnosově slabé zóny, které nemohly být rozpoznány dříve a provést jejich podrobnější průzkum. Výnosový monitor a software pro obrazovou analýzu umožňuje další zpracování dat včetně statistického zpracování. Umožňuje změřit a zaznamenat výnos v jakémkoli momentu na poli společně s pozicí sklízecí mlátičky. Společně s výnosem je současně příslušnými senzory sledována okamžitá vlhkost zrna. Výnos je přepočítán na jednotku plochy ($t.ha^{-1}$). Naměřená data jsou zpracována v palubním počítači (dále PC) a společně s údaji o pozici uložena na datových paměťových kartách. Data uložená na těchto kartách jsou přenesena do PC vybaveného mapovacím softwarem k produkci výnosových map. Další zpracování takovýchto map spočívá v odstranění chyb způsobených měřením, chybami polohy operátora. Výsledkem tohoto procesu je výnosová mapa s provedením zónace podle stejných výnosů v určitém intervalu. Na základě výnosových map (obrázek 10) lze identifikovat místa s vysokým nebo nízkým výnosem a ty mohou být přizpůsobeny tak, aby mohla být maximalizována produktivita pole.




**Obrázek 10 - Výnosová mapa ozimé pšenice 2003 ($t.ha^{-1}$) [11].**

Strategie formulace vstupů může:

a) vyrovnávat prostorovou variabilitu cílenými vstupy (např. úpravou dávek hnojiv), může to být dlouhodobá záležitost,

b) aplikovat vstupy úměrně dosahovanému lokálnímu výnosu (smířit se s existující variabilitou).

Několik typů dat může dobře popsat polní charakteristiky. Běžná data jsou výnos, půdní druhy a obsah základních živin v půdě. V podstatě může být pole popsáno souborem datových vrstev. Některé datové soubory mohou být „surové“ (např. pH zjištěné na základě vzorkování, hustota plevelů z průzkumu pole, výnosová data z výnosového monitoru atd.). Jiné vrstvy mohou obsahovat zpracovaná data nebo na základě několika vrstev může být generována nová datová vrstva [1].

### 2.4.2 Mapování výnosů zrnin

Myšlenka mapování výnosů se objevila nejprve v USA. První pokusy s mapováním výnosů se uskutečnily u sklízecích mlátiček. Bylo k tomu několik důvodů. Nejvýznamnější z nich je asi ten, že obiloviny (včetně kukuřice na zrno) jsou stále komerčně zajímavá plodina a jsou pěstovány na stále větší rozloze.

Aby bylo možno sestavit výnosové mapy, je nutno signály o poloze stroje doplnit signály o množství sklízené hmoty, která prochází v daný okamžik strojem. U sklízecích mlátiček se určuje okamžité množství vyčištěného zrna při jeho dopravě do zásobníku. Aby bylo možno jeho množství určit, je třeba použít vhodných čidel.

V palubním počítači je mikroprocesor pro příjem a vyhodnocování dat (okamžitý průtok, vlhkost zrna, okamžitá poloha stroje), která se ukládají na paměťovou kartu. Po přenesení karty s daty do osobního počítače je možné vytvořit výnosovou mapu (obrázek 5), která se zobrazí na monitoru nebo vytiskne tiskárnou. Z výnosové mapy je vidět vyrovnanost či nevyrovnanost výnosu zrna na pozemku. Na zobrazené výnosové mapě na obrázku 10 se výnos pšenice pohybuje od 0do 9 $t.ha^{-1}$ [6].

### 2.4.3 Čidla pro mapování okamžitého výnosu obilovin

Pro mapování výnosů u sklízecích mlátiček bylo vyvinuto několik principů měření okamžitého výnosu. Čidla umožňující mapování okamžitého výnosu obilovin pracují na dvou základních principech.

První skupina čidel měří objem, jedná se tedy o čidla objemová. Do této skupiny patří např. čidla mechanická, která pracují tak, že v odměrném zařízení (turniketu) odměřují množství materiálu dopravovaného do zásobníku. Vzhledem k malé přesnosti určování průtoku se dnes již nepoužívají. Stále používaná jsou však čidla optická (firma Claas), která měří výšku vrstvy zrna na lopatce dopravníku. Druhá skupina čidel měří hmotnostní tok zrna. Sem patří především čidla nárazová (Case, John Deere), čidla paprsková (Massey Ferguson) a další, málo rozšířené principy (např. čidlo vážící řetězový dopravník zrna).

Protože na množství sklízeného zrna má během sklizně velký vliv jeho vlhkost, jsou tyto systémy vybavovány také vlhkostními čidly a pro další zpřesnění jejich funkce čidly náklonovými (Claas), čidly polohy šikmého dopravníku atd. Všechny údaje (jak od čidel, tak od přijímače signálů GPS/DGPS) jsou následně zpracovávány palubním počítačem stroje a nahrávány na paměťové médium. V současné době se zdá, že mapování výnosů obilovin u sklízecích mlátiček je nejlépe technicky propracovaným prvkem v systému precizního zemědělství. Svědčí o tom jeho poměrně běžné komerční využití zvláště v USA.

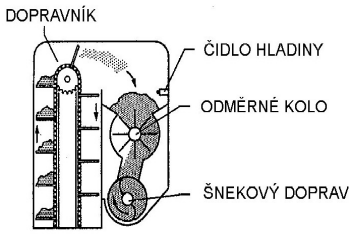
Zjišťování okamžitého výnosu zrnin je v současné době nejlépe propracované. Systémem sloužícím k získávání těchto údajů, jsou na přání zákazníka vybavovány sklízecí mlátičky všech významných výrobců. Potřebné snímače jsou napojeny na palubní počítač stroje. Snímače okamžitého výnosu mohou pracovat samostatně. V tomto případě poskytují pouze některé důležité provozní údaje (např. průměrný výnos z libovolně určené plochy, vlhkosti sklízeného zrna apod.).

Signály od snímačů okamžitého výnosu jsou zpravidla zpřesňovány údaji o okamžité vlhkosti sklízeného materiálu a celý systém je doplněn čidlem sledujícím polohu žacího válu sklízecí mlátičky. Některá řešení vyžadují ještě další korekční členy, například pro práci na svahu, kde dochází k náklonu stroje.

Okamžitý výnos se zjišťuje pomocí měření hmotnostního nebo objemového toku vyčištěného zrna do zásobníku sklízecí mlátičky. Signály od snímačů okamžitého průtoku jsou zpravidla zpřesňovány údaji o okamžité vlhkosti sklízeného materiálu a celý systém je doplněn čidlem sledujícím polohu žacího válu sklízecí mlátičky. Některá řešení vyžadují ještě další korekční členy, například pro práci na svahu, kde dochází k náklonu stroje.

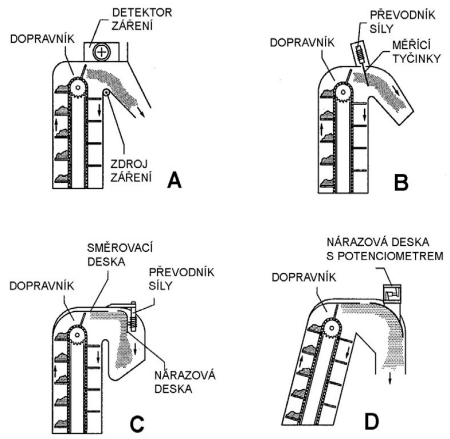
Okamžitý průtok se zjišťuje pomocí měření hmotnostního nebo objemového toku zrna do zásobníku sklízecí mlátičky. Okamžitý průtok zrna je možno určit pomocí čidel mechanických, optických, kapacitních, nárazových a paprskových [4].

**Mechanické čidlo** (obrázek 11) bylo vyvinuto a použito nejdříve. Jeho základem je lopatkové kolo a dva sensory. Celé zařízení (turniket) je umístěné na výstupu zrnového dopravníku, kde je lopatkové kolo poháněno řetězem přes elektromagnetickou spojku od hřídele šnekového dopravníku v zásobníku sklízecí mlátičky. Při práci stroje zrno začne naplňovat prostor nad lopatkovým kolem tak dlouho, až se dostane k hornímu čidlu. Jakmile horní čidlo zaregistruje hladinu zrna, dá impuls k elektromagnetické spojce a ta přivede pohon k lopatkovému kolu. To se začne otáčet a otáčí se tak dlouho, dokud spodní čidlo nezjistí, že již nevypadává žádné zrno. Objem prostoru mezi lopatkami je přesně známý. Výnos se potom dá usuzovat z počtu otáček lopatkového kola a měrné hmotnosti zrna, kterou je nutno zjistit. Protože tento systém měření okamžitého výnosu není dostatečně přesný, začíná se od něj ustupovat.




**Obrázek 11 – Mechanické čidlo [14].**

**Optické čidlo** (obrázek 12-A) Měří výšku vrstvy zrna, která právě prochází okolo něj na lopatce zrnového dopravníku sklízecí mlátičky. Čidlo má dvě části – vysílač (zdroj) světelného paprsku a jeho přijímač. Pomocí tohoto čidla (detektoru) se zjistí, jakou dobu byl vysílaný světelný paprsek přerušen zrnem. Pro výpočet okamžitého výnosu se využívají údaje o době přerušení světelného paprsku a rychlosti řetězu zrnového dopravníku. Celé zařízení je nutno kalibrovat, to znamená nastavit pro různé sklízené plodiny.



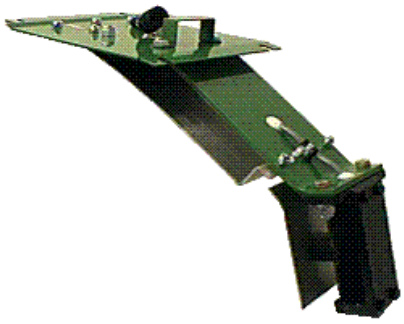

**Obrázek 12 – Čidla ke stanovení okamžitého průtoku zrna [14].**

**Paprskové čidlo** (obrázek 12-A) měří různé zeslabení intenzity záření procházejícím zrnem na výstupu zrnového dopravníku. Skládá se z vysílače radioaktivního záření, umístěného v dolní části. Jako vysílacího média se používá radioizotopu 241 Americia, které má velmi slabou intenzitu záření. Paprsky zeslabené procházejícím zrnem jsou přijímány přijímačem umístěným v horní části dopravníku proti vysílači. Jestliže žádné zrno neprochází, zařízení se samo kalibruje. Ze změny intenzity přijímaného záření je možno usuzovat okamžitou hmotnost sklízeného zrna. Tento systém vyvinula a používá firma Massey Ferguson.

**Nárazové čidlo** (obrázek 12-B,C,D) je poměrně jednoduché a rozšířené. Zrno je u výstupu ze zrnového dopravníku nuceno dopadnout na zakřivenou nárazovou desku. Poloha nárazové desky je v malém rozmezí pohyblivá vůči pevné nosné desce a je snímána pomocí tenzometrických snímačů. Na základě změny polohy této desky je možno usuzovat na hybnost narážejícího zrna a z té se dá určit jeho hmotnost. Aby čidlo pracovalo s dostatečnou přesností, musí se pro různé plodiny kalibrovat.

**Kapacitní čidlo** pracuje na principu změny kapacity kondenzátoru. Kondenzátor je v tomto případě tvořen tak, že jeho jedna deska je umístěna na dně u výstupu zrna ze zrnového dopravníku. Na protější straně je umístěna druhá deska kondenzátoru. Zrno, které je nuceno procházet mezi těmito dvěma deskami, ovlivňuje elektrické pole mezi deskami kondenzátoru a tím se mění jeho kapacita. Změny jsou závislé na množství, vlhkosti a elektrické vodivosti procházejícího zrna. Na základě těchto změn je možno usuzovat množství prošlého materiálu a z toho okamžitý výnos.

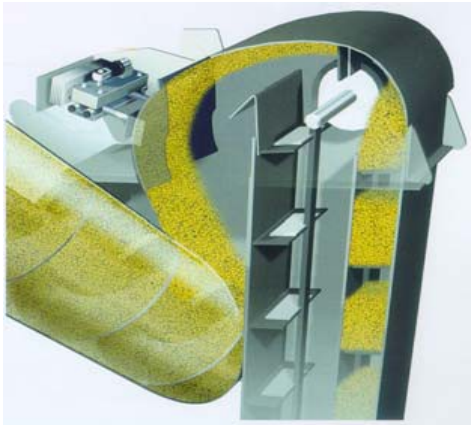
Jak vyplývá z popisu jednotlivých čidel, měří se buď objem (mechanické a optické čidlo) nebo hmotnost (čidlo nárazové, kapacitní a paprskové) zrna procházejícího zrnovým dopravníkem. Z hlediska přesnosti je lepší měřit hmotnost, protože výsledky měření objemu jsou ovlivněny hustotou (měrnou hmotností) sklízeného materiálu, která se může měnit. Nejméně přesná jsou čidla mechanická. Optická čidla dosahují přesnosti do 20%, nárazová do 5%, a u paprskových výrobci uvádějí přesnost do 2%. Příklady čidel u různých výrobců lze vidět na obrázku 13 až 17.



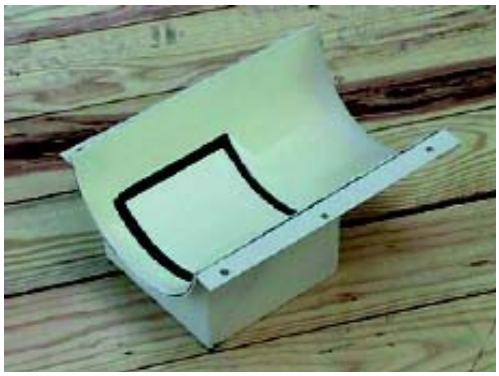
**Obrázek 13- Nárazové čidlo firmy AgLeader [14].**

**Obrázek 14 - Nárazové čidlo firmy John Deere [14].**

**Obrázek 15 - Nárazové čidlo firmy Case IH [14].**



**Obrázek 16 - Nárazové čidlo firmy New Holland [14].**



**Obrázek 17 – Hmotnostní čidlo vážící zrno [14].**

### Vlhkostní čidla

Při sklizni se i během jediného dne mění okamžitá vlhkost zrna. Proto většina výrobců používá také čidla pro její zjišťování. Jsou umístěna zpravidla na spodní straně v koncovce šnekového dopravníku, přivádějícího vyčištěné zrno do zásobníku sklízecí mlátičky. Jedná se o čidlo kapacitní. Jeho povrch má určitou kapacitu, která se mění při průchodu různě vlhkého zrna. Změna kapacity čidla je snímána a vyhodnocována a na jejím základě je možno usuzovat na okamžitou vlhkost sklízeného zrna. Toto čidlo podle vlhkosti zrna koriguje záznam o aktuální hmotnosti sklízeného materiálu.

Údaje o okamžitém průtoku zrna, jeho vlhkosti, okamžité rychlosti sklízecí mlátičky a její poloze i předvoleném záběru žacího ústrojí se ukládají, jak bylo uvedeno, na paměťovou kartu. Údaje slouží k stanovení okamžitého výnosu zrna a k vytvoření výnosové mapy.

**Korekce vlhkosti zrna a prokluzu kol**

Poměrně značnou roli může při sklizni i během jediného dne hrát okamžitá vlhkost zrna. Proto většina výrobců používá také čidla pro její zjišťování. Jsou umístěna zpravidla na spodní straně v koncovce šnekového dopravníku, přivádějícího vyčištěné zrno do zásobníku sklízecí mlátičky. Jedná se o čidla kapacitní. Jejich povrch má určitou kapacitu, která se mění při průchodu různě vlhkého materiálu. Změna kapacity čidla je snímána a vyhodnocována a na jejím základě je možno usuzovat na okamžitou vlhkost sklízeného materiálu. Tato čidla pracují kupodivu poměrně přesně v širokém rozmezí vlhkosti (0 až 40 %).

Pro zpřesnění práce všech typů čidel se používají údaje o pojezdové rychlosti nebo ujeté dráze stroje. Protože při práci zemědělských strojů, sklízecí mlátičky nevyjímaje, dochází často k prokluzu hnacích kol, používají se různá čidla sloužící k jeho korekci. Ujetá dráha strojem se dá nejjednodušeji zjistit čidlem počítajícím otáčky nepoháněných kol. Někdy se ke korekci prokluzu používají také čidla náklonová, pracující na stejném principu jako korekční čidlo příčného náklonu. Okamžitá rychlost se dá zjistit také čidlem radarovým, které snímá pohyb stroje oproti povrchu pozemku [6].

### 2.4.4 Rozdělení používané techniky pro získávání dat

V současné době lze z hlediska precizního zemědělství rozdělit používanou techniku do dvou základní skupin. První skupinu tvoří technika, která se zabývá mapováním výnosů prostřednictvím záznamových map sklízecích mlátiček a druhou skupinu tvoří letecké multispektrální snímkování.

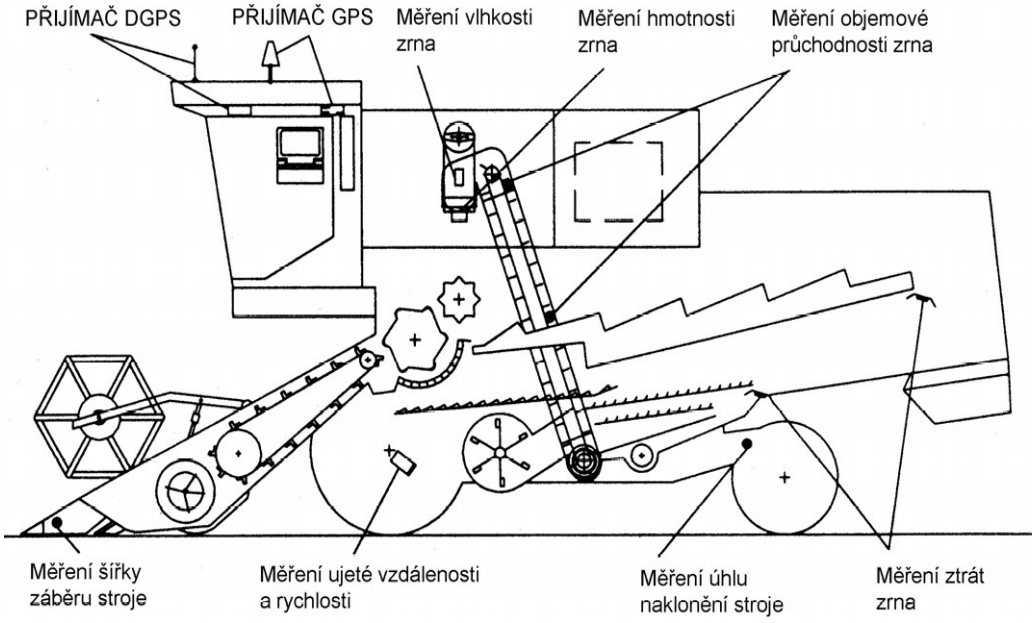
První skupinou je technika pro mapování aktuálního výnosového potenciálu prostřednictvím sklízecích mlátiček. V současném stádiu vývoje lze konstatovat, že již od roku 1993 jsou zemědělcům běžně komerčně dostupné výnosové monitory pracující na množství odlišných principů měření okamžitého výnosu. Všechny tyto výnosové monitory však jsou umístěny mezi výstupem vyčištěného zrna z čistidla sklízecí mlátičky a zásobníkem sklízení mlátičky. V současnosti se pracuje na zvyšování přesnosti jejich práce odstraňováním některých chyb.

Jedná se o chyby:

- související s přesností určování polohy stroje v systému GPS,

- vznikající zjednodušením mláticího procesu,
- vzniklé využíváním pracovního záběru žacího válu,
- práce stroje na svahu,
- související s měnící se vlhkostí sklízeného zrna a měnících se vlastnostech,
- související se sklizňovými ztrátami zrna.

Na obrázku 18 je příklad sklízení mlátičky vybavené různými přístroji za účelem maximálního zpřesnění výnosové mapy.




**Obrázek 18 - Sklízení mlátička s čidly pro získávání výnosových map [14].**

Druhou skupinou je vyhodnocení dat s využitím simulačních modelů, pomocí kterých je možné vytvářet mapy lokální distribuce výnosových faktorů. Pro zrychlení získávání výnosových údajů se často využívá leteckého multispektrálního snímkování. Z odrazu záření porostem se usuzuje na jeho stav (obsah vody, chlorofylu), na objem (biomasa) a plochu asimilačního aparátu (pokryvnost listové plochy), tyto ukazatele jsou dobrými predikátory výnosu. Pro různé vlnové délky se také dopočítává normalizovaný vegetační index (NDVI), který charakterizuje celkový stav vegetace a používá se pro další odhady příslušných charakteristik porostu včetně výnosu. Dálkové (letecké) snímkování je potenciálně velmi dobře využitelné v technologii precizního zemědělství. Pro získání informací o porostech je používáno již mnoho let. V současné době zaváděná technologie obrazové videoanalýzy umožňuje vizuální interpretaci

snímku i jeho digitální zpracování. Software pro obrazovou analýzu umožňuje další zpracování dat včetně statistického zpracování a identifikaci zón s homogenním spektrálním odrazem. Metody leteckého snímkování a obrazová analýza mohou podstatně snížit počet potřebných odběrů a analýz půdních vzorků [1].

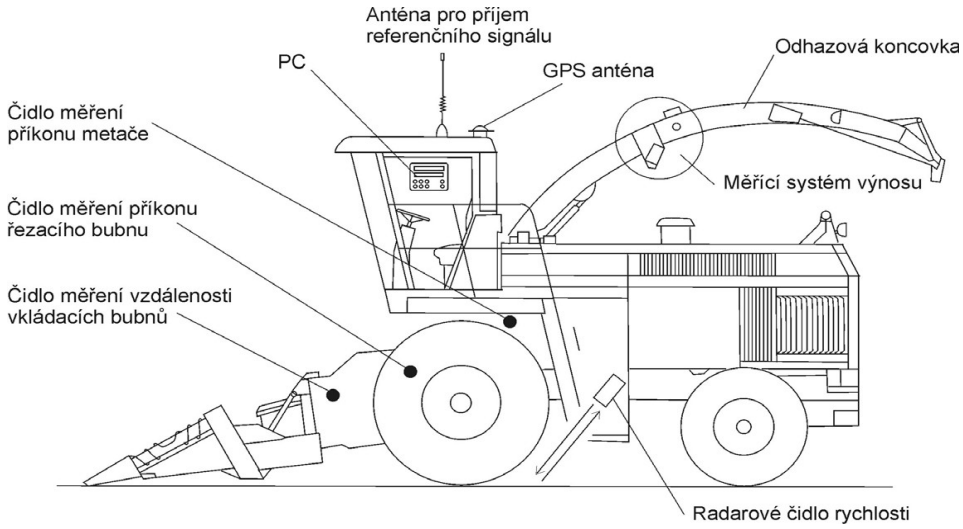
### 2.4.5 Mapování výnosů pícnin

V některých případech však může být užitečné znát také výnosovou mapu při sklizni pícnin. Výnosová mapa pícnin může mít lepší vypovídací schopnost o výnosovém potenciálu jednotlivých míst pozemku, protože se z hlediska výnosu hodnotí celá nadzemní část rostliny, nikoliv pouze zrno. Možnosti zjišťování okamžitého výnosu při sklizni pícnin nejsou v současné době zdaleka tak propracovány jako v případě obilovin. Ukazuje se, že i v tomto případě je možné, při použití vhodných technických prostředků, dojít k objektivním výsledkům [8].

Poměrně značná pozornost byla věnována také možnosti mapování okamžitého výnosu a následné tvorby výnosových map při sklizni píce sklízecí řezačkou. Dnes je známo a vyzkoušeno několik funkčních systémů. Z technického hlediska se nabízí několik možností získávání údajů o okamžité průchodnosti materiálu sklízecí řezačkou, ze kterých lze následně vytvořit výnosovou mapu.

V roce 1993 byl například sledován příkon na poháněcím hřídeli metače a příkon pohonu řezacího bubnu, vkládacích válců a řádkového kukuřičného žacího adaptéru zároveň. Z důvodů konstrukce řezačky nebylo možno od sebe tyto tři pracovní části stroje oddělit. Uvedené tři části stroje byly autory nazvány základní jednotkou. Bylo zjištěno, že mezi okamžitou průchodností materiálu strojem a sledovanými hodnotami (příkonem metače a příkonem základní jednotky) existuje dobrá závislost. Jinou možností zjišťování okamžitého výnosu je měření mezery mezi horními a spodními skládacími válci vkladače sklízení řezačky. Jedná se o přijatelný kompromis mezi náročností technického řešení celého systému a očekávanou přesností. Tato technika může být použita pro každý typ sklízecí řezačky, protože každá z nich stlačuje válci vkladače řezný materiál před vstupem do řezacího ústrojí. Výnos lze také měřit nukleonovým čidlem umístěným v odhazové koncovce samojízdné sklízecí řezačky. Další použitelnou metodou je měření průchodnosti pomocí nárazové desky umístěné v odhazové koncovce sklízecí řezačky. Také lze měřit tloušťky vrstvy sklízeného

materiálu v odhazové koncovce. Sklízení řezačka vybavená různými systémy pro tvorbu výnosových map je na obrázku 19 [1].




**Obrázek 19 - Umístění měřících prvků pro měření okamžitého výnosu na samojízdné sklízecí řezačce [14].**

V současné době lze konstatovat, že komerční využití mapování výnosů při práci sklízení řezačky není zdaleka na takovém stupni vývoje.

Výrazná snaha po zavedení techniky pro mapování výnosů při sklizni je však patrná i u dalších pěstovaných plodin. Jsou známy systémy pro mapování výnosu při sklizni pícnin žacím strojem. Jejich princip práce může být založen na vážení překládacího dopravníku během práce stroje, na zjišťování okamžitého příkonu čechracího rotoru čechrače žacího stroje nebo na měření hybnosti materiálu vycházejícího z čechrače pomocí nárazové desky [8]. Druhou velkou skupinu pícnin tvoří pícniny, které jsou sklízeny žacími stroji. Jedná se např. o sklizeň na seno nebo senáž, dnes už výjimečně i na zelené krmení. U žacích strojů jsou zatím zkoušeny pouze dva principy měření okamžitého výnosu. Jeden je založen na měření úhlu vychýlení kyvadla, který se mění se změnou hustoty porostu, druhý využívá měření okamžitého příkonu čechrače. Pohyblivé čidlo na principu kyvadla pracuje tak, že při horizontálním pohybu kyvadlově zavěšeného válcovitého tělesa porostem se vlivem kontaktu s porostem mění v závislosti na parametrech výšky zavěšení, délky kyvadla, hmotnosti kyvadla, soudržnosti porostu, tuhosti porostu a počtu stébel úhel vychýlení kyvadla. Zjednodušením závislosti (vyloučením vlivů, které se během měření nemění) lze zjistit,

že výstupní hodnota biomasy (např. v $kg.ha^{-1}$) je funkcí úhlu vychýlení a závisí na parametrech soudržnosti porostu, tuhosti porostu a počtu stébel.

Čechračem nebo mačkačem jsou žací stroje dnes již téměř standardně vybavovány. Měřit příkon celého rotačního žacího stroje by bylo problematické, protože se podstatně mění s otupením nožů, ke kterému při práci stroje poměrně rychle dochází. Základem celého měřícího zařízení je torzní dynamometr. Ten měří točivý moment a otáčky čechrače. Z těchto údajů lze následně vypočítat jeho příkon. Funkce celého zařízení je založena na úvaze, že čím více hmoty projde v daném časovém okamžiku žacím strojem, tím větší musí být příkon čechrače.

Metodou mapování výnosů vhodnou pro různé plodiny se ukazuje být také vážení odvozních prostředků nebo sběracích lisů. Tyto metody jsou zkoušeny jak v Evropě, tak v severní Americe. Praktická aplikace s sebou nicméně přináší některé problémy technického i organizačního charakteru. Technickými problémy, které souvisejí především s odrušením různých nepříznivých vlivů při práci strojů jsou chvění v důsledku práce motoru, přejezdy terénních nerovností atd. [8].

# 3 CÍL PRÁCE

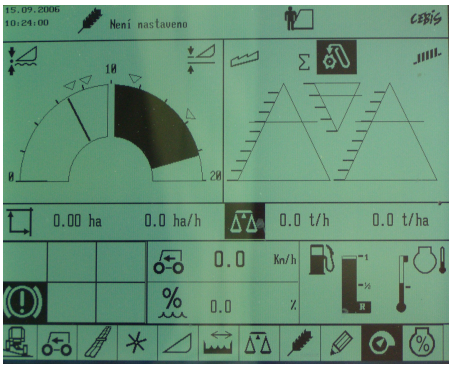
Hlavním cílem práce bylo využití dat získaných z výnosových monitorů sklízecích mlátiček CLAAS LEXION 560 pro diferencované hnojení základními prvky pomocí pneumatického aplikátoru TERRA GATOR 8103 a vliv tohoto hnojení na výnosy na pozemcích v určitém časovém rozmezí několika let.

Dalším cílem práce bylo zpracování literární rešerše zahrnující aplikaci družicového navigačního systému v precizním zemědělství a přehled geografického informačního systému pro potřeby zemědělské prvovýroby.

# 4 METODIKA

Podnik, který jsem si zvolil pro měření a výzkum v mé práci je ZDV Krchleby a.s., kde se precizním zemědělstvím zabývají již řadu let. Jako vzorové pozemky, na kterých jsem realizoval svoji práci, jsou pole Proti Plichtovi a Sedlacek. Zde jsem sledoval výnosové mapy více let, které vytváří sklízecí mlátička se speciální výbavou pro daná měření, a pak jsem se zabýval problematikou variabilní aplikace zásobních živin dle těchto map. Data zpracovala firma ZZN Pelhřimov, která se touto technologií zabývá a zároveň je významným dodavatelem průmyslových hnojiv.

Sklízecí mlátička vybavená systémem GPS nám poskytuje velmi přesná data. Výstupem monitorování výnosu sklízecí mlátičkou je soubor dat, kdy pro každé měření jsou uloženy zeměpisné souřadnice, dosažený výnos v měřeném bodě a údaj o vlhkosti sklízeného produktu. Počet měření na hektar je závislý na šířce záběru sklízecí mlátičky a pojezdové rychlosti. Obvykle se počet měření pohybuje v rozmezí 150 – 300 na hektar. Sklízecí mlátička CLAAS LEXION využívá počítačový software CEBIS (obrázek 20). Tento systém umožňuje zapisování dat na paměťovou kartu, která se čas od času přehraje do počítače v podniku ZZN Pelhřimov, kde jsou pak všechna data dále zpracovávána. Nyní je tato technologie na takové úrovni, že tato data lze odesílat rovnou z počítače sklízecí mlátičky do podniku ke zpracování. K práci s těmito daty se používá software Agrocom.

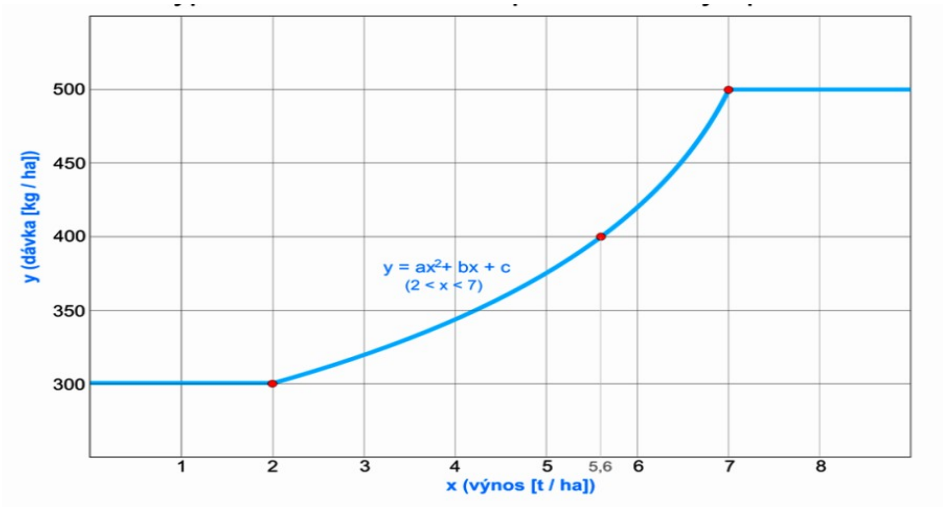



**Obrázek 20 – Počítačový software CEBIS [17].**

Sklízecí mlátička nám vlastně vytvoří základní výnosovou mapu, kterou je nutné pro další práci upravit. Tato úprava spočívá v tom, že se odstraní některé chyby, které vznikly během sklizně. Taková chyba je například nesmyslný údaj o extrémně velkém či nízkém výnosu, který vznikne v případě rychlé změny pojezdové rychlosti nebo

pokud obsluha sklízecí mlátičky neupraví pracovní záběr, když není žací lišta plně zatížena. Po odstranění těchto chyb je vytvořena skutečná podoba výnosové mapy, dle které se vytváří mapa aplikace. Tvorba této aplikační mapy vychází z celé řady vstupních dat. Zde musíme zahrnout ztrátu živin předchozí plodinou, nároky následné plodiny a stávající potenciál stavu živin v půdě. Dle těchto faktorů se vytvoří již zmiňovaná aplikační mapa, dle které pak variabilně hnojíme pomocí Terra Gatoru.

Terra Gator je pneumatický aplikátor, který dovede variabilně hnojit zásobními živinami N, P, K a Mg dle aplikačních map. Dusík je však Terra Gatorem hnojen pouze jako zásobní živina v základním hnojení, a to jen jako jeho určitá část a zbylé množství je pak aplikováno pomocí N-senzoru během vegetace. Složení živin se určí na základě kvadratické rovnice, které odpovídá diferenciovaná aplikační dávka. Tvar a průběh křivky určuje předcházející výnos a tomu tedy odpovídající odebrané živiny, aktuální zásoba živin v půdě a nároky následné plodiny. Jeden z možných příkladů jak se vypočítá diferencovaná aplikační dávka je znázorněn na obrázku 21. Aplikace podle této křivky je taková, že v místech s nejnižším výnosem je dávka čistých živin (různé poměry N, P, K, Mg) 300 kg.ha$^{-1}$ a na místa s nejvyšším výnosem se bude aplikovat maximálně 500 kg.ha$^{-1}$. Nízká hranice dávky je přitom určena minimálním výnosem. Ten se stanovuje tak, že hodnoty které se vyskytují do četnosti 3 % se zanedbávají. To samé platí pro maximální výnos.




**Obrázek 21 – Přiklad dávky živin podle výnosu [17].**

Platí tedy, že čím vyšší výnos, tím vyšší dávka hnojiva. Hnojivo je aplikováno pomocí Terra Gatoru 8103, kterému se vloží do počítače karta s mapou aplikace a on

podle ní přesně dávkuje hnojivo. Variabiliata dávky se provádí změnou rychlosti vkládacího dopravníku v závislosti na pojezdové rychlosti.

Terra Gator zároveň vytváří mapu skutečné aplikace. To je mapa, kde se zaznamená skutečné vyházené hnojivo. Shoda aplikační mapy s mapou skutečné aplikace by měla být však co největší. Každý rok se tedy dělala nová aplikační mapa, která vycházela z nových vstupních dat a předchozí poslední výnosové mapy. Od roku 2008 se však tato technologie zdokonalila a pro tvorbu aplikační mapy se dává dohromady více aplikačních map z předchozích let, a tak se tedy zpřesnilo procentické zastoupení jednotlivých výnosů.

Dále jsem se v práci zabýval variabilní aplikací dusíku, kde jsem znázornil jednoduchý princip funkce a hlavně jsem znázornil, jak se tato technologie používá společně s výnosovou mapou. Lze tak tedy aplikovat skutečně potřebnou dávku dusíku pro danou lokalitu a odpovídající stav pozemku [9].

# 5 CHARAKTERISTIKA FIRMY ZZN PELHŘIMOV

ZZN Pelhřimov a.s. je firma spadající pod Agrofert Holding, a.s. a je významným producentem krmných směsí a poskytovatelem služeb v oblasti sklizně a hnojení. Systém variabilního hnojení nese označení Agrofert Farm Plan. Dnes nabízí ucelený soubor služeb v oblasti precizního zemědělství, což představuje širokou škálu činností od sběru vstupních informací až po jejich kvalifikované využití.

V podnicích se nejčastěji setkáme s následujícími způsoby uplatňování precizního zemědělství. Za prvé je to monitorování výnosů. Dále pak mapování hran odběry půdních vzorků a na jejich základě provedená variabilní aplikace minerálních hnojiv (N, P, K, Mg). Třetím nejžádanějším „balíčkem“ je mapování hranic pozemků s variabilní aplikací dusíkatých hnojiv za použití N-senzoru. Někteří zákazníci využívají jen mapování pozemků, ale na druhé straně jsou i takoví, kteří se již dnes nespoléhají na jeden zdroj vstupních dat, ale kombinují např. výnosové a půdní mapy, či na vybraných pozemcích aplikují jak fosfor, draslík a hořčík, ale i dusík variabilně.

Hlavní předností uspořádání Farm Planu, kde je zpracování dat, řešeno centrálně ve zpracovatelském centru, kde spolupracuje zemědělský odborník se specialistou na výpočetní techniku, který řeší a odstraňuje problémy s kompatibilitou dat.

Fungující systémy precizního zemědělství tak poskytují nejen důležité vstupní informace (např. přesná výměra půdy a záznamy aplikovaných operací na pozemku), ale dávají i možnost zhodnocení agronomických zásahů a výnosových úrovní jednotlivých částí pozemku.

Pro účely poskytování služeb v oblasti sklizně a hnojení vlastní samojízdnou sklízecí řezačku Claas Jaguar 850 a pneumatický aplikátor hnojiv Terra Gator (obrázek 22).

**Obrázek 22 – Terra Gator** [17].

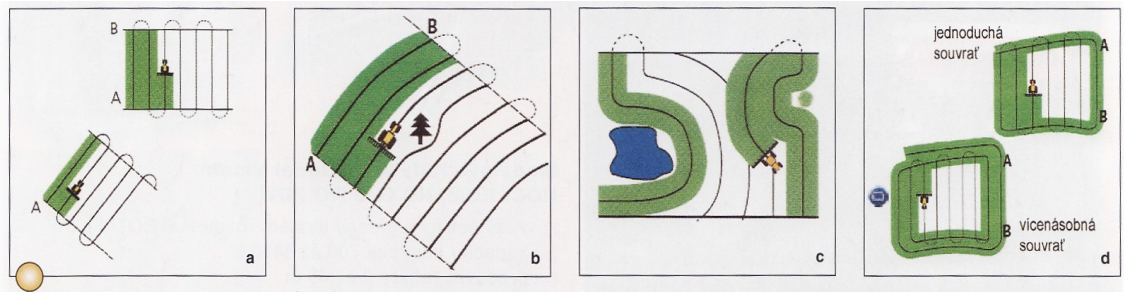
Tento nosič nářadí vyrábí firma Caterpillar – Challenger. Jeho velkou předností je dobrá průchodnost terénem, vysoká pojezdová rychlost po komunikacích – přes 50 $km.h^{-1}$ a nízká spotřeba nafty – kolem 2 až 3 $l.ha^{-1}$ . Denní výkonnost tohoto stoje se pohybuje kolem 230 ha a roční činí až 10000 ha.

## 5.1 Možnosti vedení paralelních pracovních jízd

U rozmetadel s odstředivým rozmetacím ústrojím při záběrech nad 12 m je pro obsluhu obtížné odhadnout požadovanou vzdálenost mezi jednotlivými jízdami. U nich často dochází k hrubým odchylkám od požadovaného záběru stroje. Terra Gator využívá technologii družicového určování polohy. V nabídce zařízení pro paralelní jízdy (navigátory) se na trhu uplatňují jedno-frekvenční a dvou-frekvenční přijímače GPS. Podle použitého typu korekčního signálu dosahují submetrové nebo subcentimetrové přesnosti. Obě verze lze použít jak pro manuální navádění stroje obsluhou, tak i pro automatické řízení. Zpočátku bylo možné vedení paralelních jízd pouze po přímkách. Dnes je umožněno navádění i po křivkách. Možnosti navádění lze vidět na obrázku 23. Na počátku jakékoliv práce se nejprve zvolí pracovní záběr stroje a způsob navigace jízdy – po přímce, po křivce atd. Řídící křivka je definována při první pracovní jízdě stroje po pozemku nebo vybrána z paměti počítače předcházejících záznamů práce na pozemku. Od ní se v počítači na digitální mapě vytváří požadované paralelní osy jízd stroje. Pro následující jízdu si můžeme vybrat jakoukoliv stopu posunutou od první řídicí stopy o násobek pracovního záběru. Rozšířily se i možnosti funkcí, jako je

ukládání dat během vykonávané práce do paměti a spolupráce s aplikačními mapami pro variabilní hnojení.

Úloha řidiče se tím pádem snižuje pouze na aktivaci systému a na částečné navádění na souvrati do následující jízdy. Řidič systém deaktivuje každým pohybem volantu. Na konci jízdy, kdy chce pracovní soupravu otočit na souvrati a najet do následující stopy, otočí volantem a navigátor se vypne. Potom stroj navede k další jízdě alespoň pod úhlem 45° od osy vybrané jízdy a navigátor pomocí spínače aktivuje. Pracovní souprava se sama automaticky navede do určené stopy a dále ji sleduje.




**Obrázek 23 – Možnosti vedení paralelních jízd [17].**

Dále podnik ZZN Pelhřimov vlastní tři sklízecí mlátičky Claas Lexion 560 (obrázek 24).

**Obrázek 24 – Sklízecí mlátička Claas Lexion 560 [17].**

Lexion 560 používá radiální systém výmlatu s urychlovacím bubnem (systém APS) a vytřásadlovou separaci. Pohonnou jednotkou jsou šestiválcové motory Caterpillar typu C 13. Jmenovitý výkon těchto motorů dosahuje 265 kW (360 k). Tyto

mlátičky jsou vybaveny žacím ústrojím Vario V 750 (7,6 m). Nadstandardní výbavou je systém pro měření aktuálního výnosu a snímání polohy mlátičky na pozemku (obrázek 25). Touto sklízecí mlátičkou se dosahují každoroční výkony přes 1000 ha bez sklizně kukuřice. Sklizní kukuřice na zrno se tento podnik nezabývá.

Na sezónu si pronajímají mlátičky další, a to v celkovém počtu 60 až 70 strojů. Jedná se přitom vždy o relativně nové stroje, aby bylo sníženo množství potenciálních oprav.

**Obrázek 25 – Přijímač signálu GPS [17].**

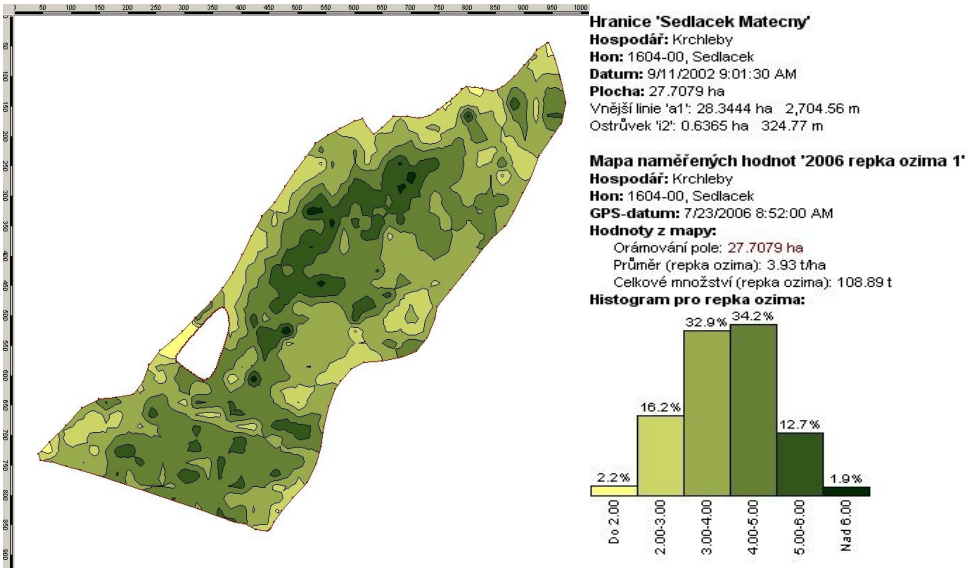
# 6 ZÍSKÁVÁNÍ VSTUPNÍCH DAT

Získat údaje o stavu pozemku je možné dvěma základními způsoby. První možností je zaměřit se na odběry půdních vzorků, které mají přímou souvislost s obsahem přístupných živin. Nevýhodou je pracnost v získávání vstupních dat (odběry vzorků) a také finanční náročnost chemických analýz. Proto je objem vzorků omezován zhruba na jeden základní z plochy tří hektarů, což pro tvorbu aplikačních map není ideální, protože vstupních dat není mnoho.

Druhou možností je využít pro zpracování plánu variabilního hnojení výnosových map. Tento způsob je sice v počátku nákladný na pořízení, ale následně už nás nic nestojí. Pro potřeby mapování není zapotřebí ani placený signál DGPS, protože 95 % bodů je v přesnosti do 6,5 metrů, což je pro účely mapování dostačující. Nevýhodou je samostatně to, že vstupní údaje nezaznamenají obsahy živin, nicméně i tak s nimi lze dobře pracovat a najít potřebné souvislosti. [9].

## 6.1 Tvorba výnosových map

Základem variabilní aplikace je systémové pořizování vstupních dat a následná tvorba výnosových map (obrázek 26). Jako vzorový pozemek na vysvětlení bylo vybráno pole Sedlacek, které obhospodařuje podnik ZDV Krchleby a. s. Takto vypadá mapa vytvořená sklízecí mlátičkou po úpravách a odstranění chybných údajů vzniklých různými nepřesnostmi při sklizni [9].




**Obrázek 26 – Konečná výnosová mapa [17].**

## 6.2 Hnojivo aplikované podle potřeby

Pro hnojení se využívají speciální směsná granulovaná hnojiva, která ZZN Pelhřimov aplikuje prostřednictvím pneumatického rozmetadla na nosiči nářadí Terra Gator.

ZZN má vlastní výrobu hnojiv, což je velkou výhodou, takže hnojivo může obsahovat různý poměr základních živin podle toho, jak je třeba hnojit. Terra Gator pak jede na základě aplikační mapy a zároveň vytváří záznam skutečné aplikace. Z něj je pak zřejmé, kudy stroj jezdil a jaké množství hnojiva se na jakém místě aplikovalo. Aplikace je přitom velmi přesná díky pneumatickému systému rozmetání, kdy je hnojivo vedeno proudem vzduchu hadicemi a nejsou tedy problémy s překrýváním či hraničním rozmetáním. Dávka hnojiva je řízena rychlostí posunu dopravníku na dně zásobníku a díky konstantní výšce hradítka je výška vyhrnovaného hnojiva stále stejná. Mění se jen rychlost posuvu.

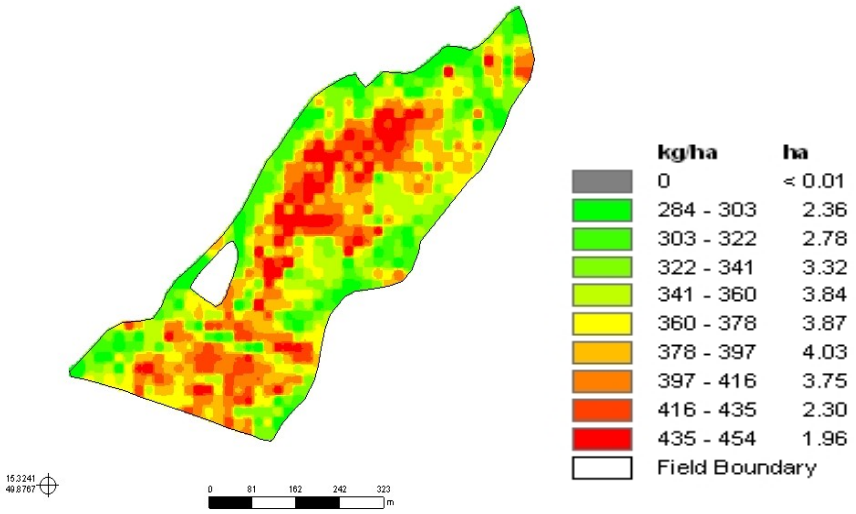
Pomocí Terra Gatoru je variabilně hnojeno zásobními živinami N, P, K a Mg. Dusík je pak dále aplikován pomocí samochodného postřikovače Berthoud za pomoci N-senzoru. Složení základních živin se určí na základě kvadratické rovnice, které odpovídá diferenciovaná aplikační dávka. Na přesném složení aplikovaných živin se podílejí tři různé faktory:

- průměrný stav zásobních živin na pozemku,
- odebrané živiny poslední sklízenou plodinou,
- nároky následující plodiny.

Tvar a průběh aplikační křivky tedy určuje předcházející výnos a tomu odpovídající odebrané živiny dle platných příslušných tabulek. Tyto hodnoty odebraných živin jsou stanoveny pro pšenici ozimou: 23,2 (N), 4 (P), 11,7 (K) [kg/t], pro řepku ozimou: 44,4 (N), 9,1 (P), 39,7 (K) [kg/t]. Tato křivka je dále přizpůsobována podle zásobních živin v půdě, které zjistíme nahodilým odběrem půdních vzorků. Dále se pak aplikační dávka musí ještě přizpůsobit náročnosti následující plodiny.

## 6.3 Aplikační mapa

Naměřená data je možné přenést do grafické podoby, kde barevně stejně označená místa reprezentují oblasti se stejným výnosem (v určitém rozpětí). Tento výstup je však pouze vstupním materiálem, který poskytuje základní orientaci pro posouzení variability daného pozemku. Následně se vytvoří aplikační mapa (obrázek 26). Tuto mapu získáme na základě potřeby doplnění živin odebraných různými výnosy v rámci pozemku dle normovaných tabulek. Dále pro její tvorbu bereme v úvahu aktuální stav živin v půdě dle případných nahodilých vzorků a dále bereme v úvahu nároky následné plodiny. V našem konkrétním případě u vzorového pole Sedlacek z roku 2005/2006 (obrázek 27) je stanovena průměrná dávka živin 368 kg/ha o následné receptuře: 13 (N) - 55 (P) - 50 (K) - 25 (Mg) [kg/ha].

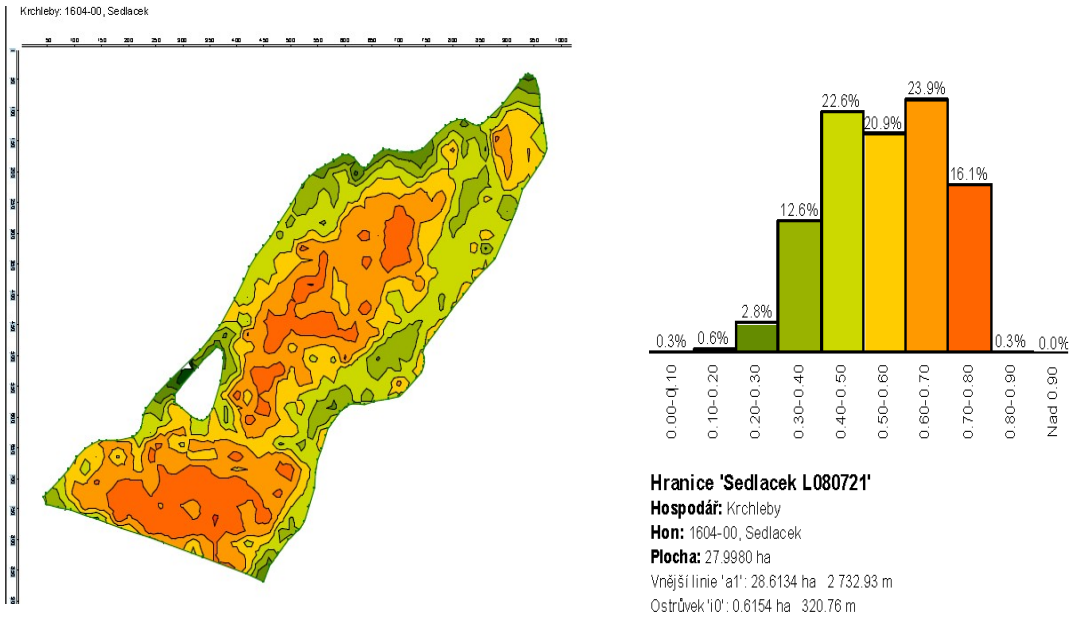



**Obrázek 27 – Aplikační mapa [17].**

Zde existují dva přístupy. První znamená „srovnání pozemku“, tedy hnojit více na místech s nižším výnosem a naopak. Podle zkušeností odborných pracovníků firmy ZZN Pelhřimov však toto řešení nepřináší odpovídající výsledky. Na základě sledování bylo ověřeno, že na tvorbě výnosu se z 30 až 40 % podílí průběh počasí a hnojení jej ovlivní jen asi z 10 až 20 %. Na výnosu se podílejí aktuální půdní podmínky dané obsahem organických látek, humusu, půdní vláhy, půdní druh a typ atd., které rozhodující měrou ovlivňují potenciál výnosu. Předpokládá se, že sklízené porosty nejsou silně zaplevelené nebo silně napadené chorobami.

### 6.3.1 Aplikační mapa z více let

Tato technologie se zdokonalila v posledních letech, a to hlavně pro to, že se s postupem času odborníci na hnojení neustále zabývají tím, jak dále vylepšit strategii a hlavně účelnost aplikovaných hnojiv. Proto přišli s myšlenkou proložení více aplikačních map a vyjádřit tak procentuelní výskyt jednotlivých výnosů. Hlavní myšlenou je najít na pozemku místa s trvale stabilním vysokým výnosem a zase naopak místa, kde je výnos trvale nízký nebo špatný a vyvarovat se tak náhodným kolísáním a změnám. Tato mapa pak vypadá přibližně takto (obrázek 28).

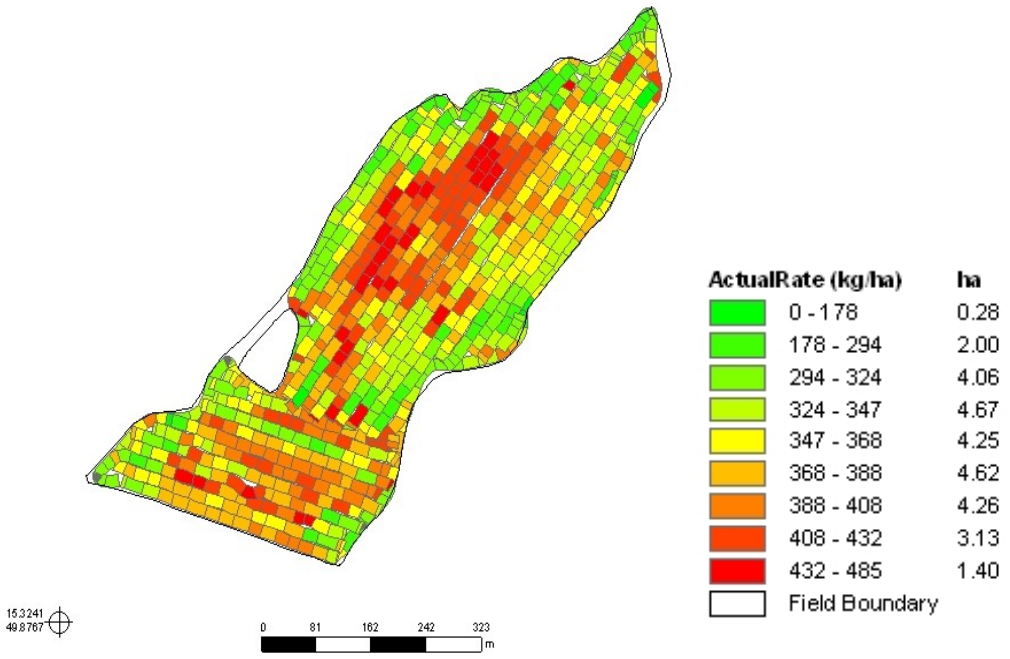



**Obrázek 28 – Složená mapa aplikace [17].**

Čím vyšší je výnos, tím vyšší je následný odběr živin sklízenými produkty. Místa s vyšším výnosem tedy nutně odebírají více živin a stanoviště se tím mnohem více ochuzuje než u lokalit kde je výnos nepatrný. Velmi zajímavá je skutečnost, že místa s vyšším výnosem mohou mít i mnohem nižší obsahy přístupných živin než stanoviště s výnosy nižšími. Je to dáno předcházejícím uniformním hnojením, kdy se na celém pozemku hnojilo stejnou dávkou, přičemž odběry živin byly různé. Místa s nižšími výnosy byla pak trvale přehnojována a na výnose se to neodrazilo [9].

## 6.4 Mapa skutečné aplikace

Aplikací hnojiva Terra Gatorem zůstane na jeho kartě zaznamenána mapa skutečné aplikace (obrázek 29). To je mapa na které jsou znázorněna místa se skutečnou aplikovanou dávkou hnojiva na konkrétní lokalitu. V našem případě u vzorového pozemku je také dobře patrné prázdné bílé místo, které znázorňuje, že je tam nějaká překážka a aplikátor tedy toto místo vynechal a neaplikoval žádnou dávku hnojiva.




**Obrázek 29 – Mapa skutečné aplikace [17].**

Z výše uvedeného jednoduchého rozboru o stavu pozemku, nároků následné plodiny a dostupných živin vyplývá systém, jak variabilně hnojit. Je samozřejmé, že ideální by bylo vzít k ruce nejen výnosové mapy, ale i podrobné rozbory živin, a to ze vzorků odebraných přímo z konkrétních míst, kde jsou oblasti s rozdílnými výnosy. Stejně tak by ale klíčovou informací měla být výnosová mapa. Jednoduchý systém jak hnojit je podle odběru živin sklizňovými produkty. Obsah živin v těchto produktech je u určitých plodin poměrně stabilní veličinou, takže když si dáme jednoduchou úměru říkající, že to, co se odebere, je třeba dodat, máme dobrý základ pro to, jak variabilně hnojit. V mojí práci jsem se zabýval sledováním výnosů a dávek skutečných aplikovaných živin po dobu několika let u dvou vzorových pozemků. Své výsledky jsem vypsal do tabulky 1 a grafická podoba pozemků je znázorněna v příloze [9].

**Tabulka 1 – Výsledky sledovaných pozemků v jednotlivých letech**

| Pole | Rok sklizně | Plodina | Výnos [kg/ha] | Složení čistých živin [kg/ha] aplikovaných na podzim | | | | Průměrná hnojná dávka [kg/ha] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | N | P | K | Mg | |
| Proti Plichtovi | 2003 | Pšenice | 5,09 | 30 | 80 | 95 | 25 | 510 |
| Proti Plichtovi | 2004 | Řepka | 5,33 | 22 | 93 | 124 | 48 | 707 |
| Proti Plichtovi | 2005 | Pšenice | 6,51 | 28 | 86 | 90 | 25 | 490 |
| Proti Plichtovi | 2007 | Řepka | 3,56 | 20 | 95 | 122 | 53 | 719 |
| Proti Plichtovi | 2008 | Pšenice | 7,39 | | | | | |
| Sedlacek | 2003 | Pšenice | 2,95 | 13 | 55 | 50 | 25 | 357 |
| Sedlacek | 2005 | Pšenice | 6,4 | 14 | 58 | 65 | 22 | 368 |
| Sedlacek | 2006 | Řepka | 3,93 | 12 | 59 | 56 | 30 | 366 |
| Sedlacek | 2007 | Pšenice | 7,04 | 14 | 55 | 63 | 18 | 340 |
| Sedlacek | 2008 | Ječmen | 3,9 | | | | | |

## 6.5 Hnojení dusíkem

Výživa dusíkem je nejvýznamnější opatření, ovlivňující utváření výnosových prvků i vlastní výnos a kvalitu zrna. Snahou musí být zajistit rostlinám dostatek dusíku v půdě v období jeho potřeby, a proto vlastní hnojení musí vycházet z biologických zvláštností odrůd, půdní úrodnosti a stavu porostu. Strukturu výnosů obilovin tvoří tři základní složky:

- počet klasů nebo lat (palic) na jednotce plochy,
- počet zrn v klasu nebo latě,
- hmotnost 1000 semen (HTS).

Značná pohyblivost minerálních forem N v půdě a s tím související možnosti ztrát dusíku většinou v našich podmínkách neumožňují jednorázové použití dusíkatých hnojiv.

### 6.5.1 Možnosti hnojení

Z hlediska časové aplikace N lze rozdělit hnojení na:

**Základní hnojení** – realizované nejpozději do období setí. S ohledem na malou potřebu rostlin v podzimním a zimním období i na možnost ztrát dusíku není vhodné v tomto období na většině stanovišť dusíkem hnojit. Pouze na pozemcích méně úrodných, po špatné předplodině a při zaorávce většího množství posklizňových zbytků je možné aplikovat část dusíku (do 40 kg N na ha).

**Přihnojování během vegetace** – hnojení na list. Takto aplikujeme převážně část dusíkatých hnojiv. Volíme takové dávky a období, kdy můžeme ovlivnit utváření výnosových prvků (odnožování a diferenciace vegetačního vrcholu). K optimalizaci hnojení využíváme podklady o stavu porostů, průběhu povětrnosti, případně rozboru rostlin. Podle období rozlišujeme přihnojování:

- Regenerační - po přezimování brzy na jaře. Hnojí se, jakmile to půdní a povětrnostní podmínky dovolí a rostliny začnou vegetovat. Vhodné je hnojení při vyšší vlhkosti a třeba i na mírně promrzlou půdu při nočních mrazících umožňující vstup techniky na pozemky. Aplikují se dávky 20 až 60 kg N. Zkušenosti posledních let ukazují, že regenerační hnojení zajišťuje dobou výnosovou jistotu vzhledem k příznivým vláhovým podmínkám tohoto období.
- Produkční - po odnožení na počátku sloupkování, kdy dochází k diferenciaci vegetačního vrcholu – zakládá se počet zrn v klasu. Pozdějším nárůstem fytomasy začíná zvýšený příjem dusíku a je zapotřebí zajistit tvorbu založených stébel. Spolu s dostatečným počtem zrn v klasu to je předpoklad vysoké produkce zrna. Většinou je to období, kdy aplikujeme největší část dusíku, hlavně tehdy jestliže nebylo v dostatečné míře uskutečněno regenerační hnojení.

Dávky N se pohybují v rozmezí 20 až 60 kg N na hektar. Vhodným hnojivem je DAM 390. Regenerační a produkční hnojení jsou nejvýznamnější hnojařská opatření.

- Kvalitní - pozdní přihnojování uskutečněné těsně před metáním nebo krátce po něm. Tímto opatřením je možné ovlivnit kvalitu zrna a hmotnost 1000 semen. Je možné aplikovat dávku 20 až 30 kg N na hektar. Účinnost tohoto přihnojení je značně závislá na průběhu počasí, které následuje po hnojení. Za suchého počasí nejsou předpoklady příjmu ani vlastního působení aplikovaného N. Při vlhkém počasí může být pozdním přihnojením dusíkem podpořen vyšší výskyt chorob klasu, a pokud není použito současně ochrany proti houbovitým chorobám, může nastat i pokles výnosu a zhoršení kvality zrna [10].

### 6.5.2 Dusíková bilance

V minerálních dusíkatých hnojivech bychom měli uhradit rozdíl mezi celkovou potřebou rostlin a tím, co poskytuje půda a další zdroje (organická hnojiva, předplodiny aj.) Proto odečteme od celkové potřeby dusíku množství N, které se předpokládá, že využijí rostliny z aplikovaných organických hnojiv, a dále po předplodině a z posklizňových zbytků, případně upravíme výpočet ještě podle stanoviště.

Pro zohlednění stanoviště jsou k dispozici výsledky analýz půd na minerální dusík, nebo se korekce provede odhadem tak, že na úrodných stanovištích (hnědozemě a černozemě) s dostatkem srážek se odpočítává až 30 kg N na hektar a naopak na méně vhodných stanovištích (hnědé půdy kyselé) s vyššími srážkami je nutné dávky N zvýšit až o 20 kg na hektar.

Příklad výpočtu dávky dusíku v minerálních hnojivech pro ozimou pšenici (výnos 6 t zrna) je v tabulce na obrázku 30, která následuje po cukrovce hnojené 40 t hnoje. Po sklizni cukrovky byl zaorán chrást (25 t na ha). Jedná se o úrodný pozemek (hnědozem) s nižšími srážkami. Jestliže předpokládáme např. výnos ozimé pšenice 6 t zrna, tak při středním odběru N 24 kg na tunu je celková potřeba dusíku okolo 144 kg N na hektar (obrázek 30).

| Plodina | Produkt | Střední odběr N (kg/t) |
|---|---|---|
| Ozimá pšenice | zrno | 22 – 26 |
| Jarní ječmen | zrno | 20 – 24 |
| Kukuřice | zel. hmota, siláž | 3,5 – 4,0 |
| Kukuřice | zrno | 22 – 26 |
| Ozimá řepka | semena | 50 – 55 |
| Cukrovka | bulvy | 3,3 – 3,9 |
| Brambory rané | hlízy (bez natě) | 3,6 – 3,8 |
| Trávy | seno | 15 – 24 |
| Jetel | seno | 18 – 28 |

**Obrázek 30 – Příklad odběrů živin [19].**

Celková potřeba dusíku na výnos 6 t zrna (6 x 24).....144 kg N

Úprava dávky:

na organické hnojení.....-34 kg N

na posklizňové zbytky (chrást).....-50 kg N

na předplodinu.....0 kg N

na stanoviště (úrodná hnědozem).....-20 kg N

V minerálních hnojivech je tedy nutné dodat 40 kg N na hektar:

Vypočtená dávka dusíku se ponechá na přihnojení během vegetace a před vlastní aplikací (nejspíše tzv. regenerační či produkční hnojení) se upraví podle momentálního stavu porostu a obsahu minerálního dusíku v půdě.

Při stanovení termínu aplikace N je třeba vycházet ze zásady, že převážná část dusíku v minerálních hnojivech by se měla aplikovat před obdobím potřeby rostlin, tzn. před počátkem vegetace nebo v průběhu vegetace tak, aby jej rostliny v období nejvyšší potřeby dusíku měly v půdě k dispozici. Dusíkatá hnojiva je nutno aplikovat před obdobím, kdy mohou být výrazně ovlivněny jednotlivé výnosové prvky, výnos a kvalita produkce a jsou předpoklady efektivního využití N rostlinami.

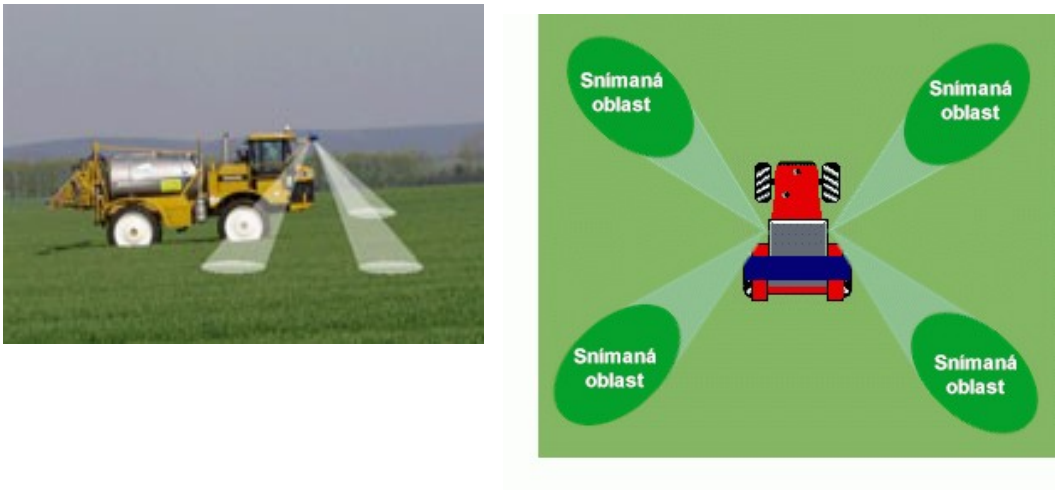
Pokud nejsou k dispozici hnojiva vhodná k základnímu hnojení (hnojení uskutečněné nejpozději před setím), je nutné přesunout větší část dávky do období vegetace, a naopak. Výpočet dávky hnojiva je jednoduchou záležitostí a vychází z obsahu N ve hnojivu. Je zde velká výhoda v tom, že obsah N v hnojivech se vždy uváděl a stále uvádí jen v čistém dusíku. Jisté komplikace mohou nastat u kapalných hnojiv, kde vzhledem k jejich objemové hmotnosti (okolo 1,3) je jiný obsah vyjádřený v hmotnostních a jiný v objemových jednotkách. Např. 100 kg hnojiva DAM 390 obsahuje 30 kg N, ale ve 100 l je 39 kg N.

Jednorázová dávka dusíku by neměla přesáhnout 80 kg N na hektar a na lehčích půdách 60 kg N na hektar. Je účelné dělení dávky N, nejčastěji na základní hnojení (předseťové) a přihnojování. Výhodou dělení dávky N a jejího uskutečnění v průběhu vegetace je to, že pro upřesnění dávky N je možné využít údajů o stavu porostu, povětrnosti, obsahu N v půdě a dalších podkladů. Vypočtená dávka N se podle konkrétních podmínek optimalizuje tak, aby byly zajištěny předpoklady dobrého působení N hnojení[10].

### 6.5.3 Diferenciovaná aplikace dusíku – N senzor

Variabilní aplikace dusíku se používá jak na samojízdném postřikovači, tak na traktorech aplikujících pevná granulovaná hnojiva pomocí odstředivých rozmetadel. Jistým problémem variabilní aplikace u postřikovače je větší prodleva mezi změnou dávky a odezvou na postřikovacích tryskách (některé modely postřikovačů tento problém nemají díky jinému řešení regulace).

Snímací zařízení pro variabilní aplikaci dusíku je instalované na střeše traktoru nebo kabině samojízdného postřikovače a snímá zabarvení okolního porostu dané obsahem chlorofylu i hustotou porostu (obrázek 31). V případě mého podniku používaní pro aplikaci granulovaných hnojiv Terra Gator a pro variabilní aplikaci dusíku samochodný postřikovač Berthoud.




**Obrázek 31 – Princip činnosti N – senzoru [13].**

Informace od snímacího zařízení spolu s údaji o hodnotě intenzity slunečního záření a druhu či odrůdě plodin vyhodnocuje on-line palubní počítač a podle aktuální pojezdové rychlosti dává povely regulační elektronice rozmetadla či postřikovače. Současně je možné využití sledování okamžité polohy GPS, kdy se údaje o poloze a velikosti aplikované dávky ukládají na čipovou kartu a slouží poté ke zpracování podrobných map hnojení na daném pozemku. N Senzor se využívá především pro variabilní aplikaci dusíku, ale je možné ho použít i pro aplikaci totálních herbicidů. Přínosem využití tohoto systému je optimalizace hospodaření a to hlavně s dusíkem. Lze tak optimalizovat problematiku snížení poléhavosti porostů, zlepšení kvalitativních parametrů produkce a zvýšení výnosu. Propojením aplikačních map hnojení a výnosových map získáme cenné informace o stavu pozemku, které v dalších letech používáme.

Prvotním předpokladem pro zavedení systému je přesné zmapování hranic pozemku v digitální formě, jejich laboratorní vyhodnocení s převodem výsledků do mapy zásobenosti půdy základními živinami a následně vytvoření mapy potřeby hnojení (aplikační mapa).

Pro variabilní dávkování musí být aplikátor vybaven automatickým regulačním systémem. Aplikátory jsou vybaveny elektronicky řízeným otvíráním a zavíráním hradítka výpadového otvoru, kterým lze měnit dávku aplikovaného hnojiva. Bez ohledu na rychlost jízdy traktoru je tedy zajištěno rovnoměrné rozptýlení hnojiva. V praxi to znamená, že je možné rychlost pojezdu aplikátoru přizpůsobit podmínkám na poli a není třeba se starat o přestavování dávky. Systém vyhodnocuje okamžitou hmotnost nákladu

pomocí váhové buňky a porovnává tento údaj s nastavenou šířkou záběru a s okamžitou pracovní rychlostí. Pomocí Calibratoru je možné v průběhu aplikace měnit potřebnou dávku, odchylka od původně nastavené dávky je stále zobrazována na displeji. Obsluha tedy v praxi může buď ze zkušenosti nebo na základě doporučení agronoma měnit na určité části pozemku dávku pro dosažení nejlepších výnosů. Přístroj je také připraven tuto úlohu plnit zcela automaticky na základě aplikační mapy v elektronické podobě a pomocí snímače aktuální polohy – pozičního systému GPS.

Práce systému je založena na řízení aplikované dávky pomocí aplikační mapy (obrázek 33), která je na čipové kartě v palubním počítači. Ten komunikuje s Calibratorem propojením sériovým portem. Pomocí další informace o přesné poloze stroje na poli vyhodnocované přijímačem signálu GPS a DGPS, dokáže celý systém automaticky měnit dávku podle potřeby v konkrétním místě na pozemku [1].

### 6.5.4 Vlastní realizace v praxi

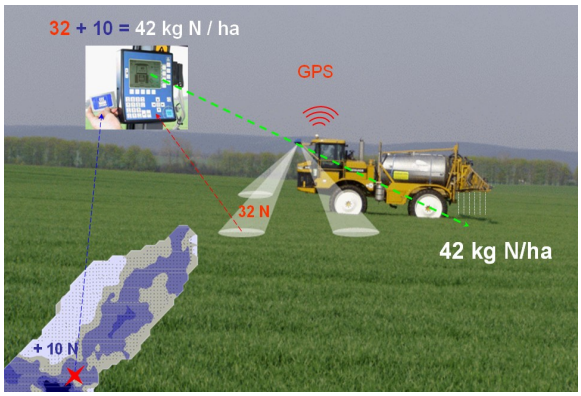
Základní problém N–senzoru je v algoritmu stanovení dávky na jednotlivé dílčí plochy pozemku. Základní myšlenka, tedy hnojit více na místech, kde je porost světlejší a obsahuje tedy výrazně méně chlorofylu, je správná. Jednak je třeba stroj před vjezdem do porostu správně nakalibrovat, aby dávka hnojiva nebyla víceméně stejná. Další problém je opět ve výnosovém potenciálu daného stanoviště. Místa, která mají nižší přirozenou úrodnost, mají světlejší porost, a tudíž jsou hnojena vyšší dávkou, však už v některých případech výnos nezvýší. Naopak místa s vyšším výnosem mají porost tmavší a dávka dusíku je snížena.

Pro variabilní aplikaci dusíku byl použit systém, kdy byl pozemek rozdělen podle výnosové mapy na několik zón, kterým odpovídají určité výnosové úrovně. Tyto úrovně byly rozděleny do čtyř skupin a dle výsledků z více jak tří let:

- trvale nízký výnos,
- trvale vysoký výnos,
- nestabilní nízký výnos,
- nestabilní vysoký výnos.

Aplikace pak probíhala podle zabarvení porostu, nicméně na místě s nižším výnosovým potenciálem se dávka snižovala, na místě, kde se stabilně dosahuje vyšší

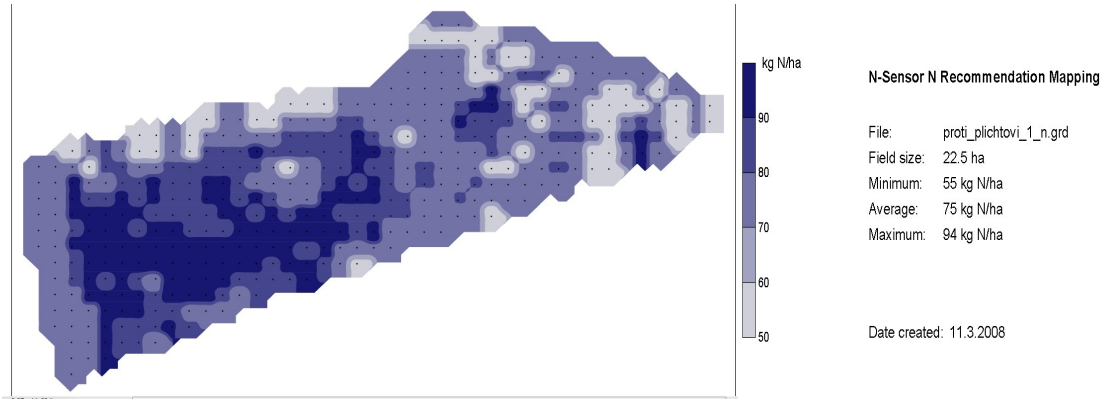
výnos, byla dávka navýšena aby odpovídala plánovanému výnosu. Toto je pak znázorněno na obrázku 32 [9].




**Obrázek 32 - Modifikovaná N Senzor aplikace pro optimální využití výnosového potenciálu [17].**

Na obrázku 32 můžeme vidět korekční mapu, podle které se přizpůsobuje aktuální dávka hnojiva. Toto je nová technologie, podle které se ještě dále přizpůsobuje variabilní dávka na konkrétní lokalitu. Princip stanovení této mapy určuje přesný algoritmus, kterým musí být zohledněna celá řada důležitých údajů. Jaká je důležitost jednotlivých dat a jak s těmito daty do důsledku pracovat je know-how firmy.

Pro tvorbu korekční mapy se bere v úvahu více let a mapa (obrázek 33) je tak tvořena ne v závislosti na předcházejícím roku, který by mohl být hodně zkreslující a nepřesný, ale skládá se na sebe více map a podle nich je tvořena stále aktuálnější a přesnější, umožňující vyvarování nějakých náhlých změn a prodlev [9].




**Obrázek 33 – Víceletá aplikační mapa dusíku [17].**

## 6.6 Použití vápenatých hnojiv

Jako velice důležitou součástí balíčku precizního zemědělství je používání vápenatých hnojiv a to hlavně v řízených a pravidelných dávkách.

Cílem vápnění je dosáhnout a udržet přibližně optimální hodnotu půdní reakce (pH). Proto vápníme půdy, které této hodnoty nedosahují. Vápnění nevyžadují pouze půdy, které obsahují více než 0,3% uhličitanů a s výrazně vyššími hodnotami pH, než je optimální. Optimální reakce půdy závisí na více faktorech, ale v našich podmínkách je rozhodujícím hlediskem půdní druh (zrnitost) a kultura.

Dávka vápenatých hnojiv se řídí zjištěnou hodnotou pH půdy a půdním druhem. Tyto dávky se pak pohybují na hodnotách u písčitých půd 0,7 t/ha, u půd hlinitých je tato dávka větší a dosahuje hodnoty něco kolem 2 t/ha. Jedna tuna Ca představuje přibližně 1,5 t páleného vápna (CaO) nebo 3 t vápence ($CaCO_3$) nebo 5 t šámy. Pokud vychází potřeba vápnění vyšší, než je přípustná maximální dávka, doporučenou dávku rozdělíme a aplikujeme ji během 2 – 3 let. Proto je také vápnění opatření, které realizujeme v určitých časových etapách, tzn. že vápníme vždy jen některé pozemky. Realizace se provádí speciálními aplikátory. Jeden z možných příkladů můžeme vidět na obrázku 34.

Požadavky rostlin na pH respektujeme v rámci osevního postupu tak, že k plodinám vyžadujícím vyšší hodnotu pH (cukrovka, vojtěška, řepka aj.) vápníme přímo nebo v dostatečném předstihu, než budou na pozemku pěstovány.

**Obrázek 34 – Aplikátor vápenatých hnojiv[17].**

V případě dostatku vápenatých hnojiv je účelné realizovat asi ve 4 – 5letých intervalech i tzv. udržovací vápnění, které má krýt ztráty vápníku z půdy (vyplavování, okyselující vliv hnojiv, kyselé deště, odběr rostlinami). Množství odčerpaného vápníku z půdy je tedy za rok značně proměnlivé. Přibližné rozmezí je 70 – 125 kg Ca/ha, tedy za pět let asi 350 – 625 kg Ca, což odpovídá dávce asi 1 – 1,9 t vápence.

Tato realizace aplikovat vápenatá hnojiva probíhá zatím z hlediska jednoho pozemku uniformně. Na aplikátoru lze sice nastavit dávku, ale pro variabilní aplikaci tato technologie užívána není. Zákazník si předem stanoví dávku a ta se na aplikátoru nastaví před začátkem operace [10].

# 7 DISKUSE A ZÁVĚR

Precizní zemědělství je kompletní balíček operací a zásahů, ke kterým musí zemědělec přistupovat zodpovědně a brát je jako komplex a ne se snažit něčemu vyhnout nebo něco vynechat v rámci ať už finanční nebo časové úspory. Určitě nějaká benevolence existuje, ale pro správnou funkci je zapotřebí zodpovědný přístup, a ten pak přináší očekávané výsledky.

Jedním z velmi důležitých faktorů je variabilní aplikace minerálních hnojiv. Určitě není určena pro zemědělce, kteří očekávají dokladované efekty hned v prvním roce. U diferencovaného hnojení základními prvky N, P, K a Mg ve fungujícím systému pořizování relativních vstupních dat a jejich správné aplikace se dostavují výsledky postupně v horizontu 3 až 5 let. Toho si můžeme všimnout v následné příloze výnosových map, kde byly vybrány dva vzorové pozemky u nichž jsem sledoval jejich výnosový potenciál a aplikovanou dávku čistých živin v horizontu 5 let. Pozemky spadají pod akciovou společnost ZDV Krchleby a. s., kde provozují systém variabilní aplikace základních živin již bezmála 10 let.

Na poli Proti Plichtovi byl dosažen v roce 2003 průměrný výnos 5,09 $t.h^{-1}$ pšenice. Pak následovala aplikace zásobních živin a ta činila 510 $kg.ha^{-1}$. V roce 2004 dosahoval průměrný výnos 5,33 $t.h^{-1}$ řepky ozimé a aplikace živin byla ve výši 707 $kg.ha^{-1}$. Roku 2005 už bylo dosaženo výnosu 6,51 $t.h^{-1}$ pšenice. Zde je dobře patrný nárůst výnosů v přibývajících letech, kdy bylo používáno mapování výnosů a následná diferencovaná aplikace zásobních živin a aplikace dusíku během vegetace se prováděla pomocí N-senzoru. Pro názornost je uvedeno ještě jedno pole Sedlacek, kde v roce 2003 byl průměrný výnos pšenice 2,95 $t.h^{-1}$ a dávka aplikovaného hnojiva byla 357 $kg.ha^{-1}$. V roce 2005 byl výnos 6,4 $t.h^{-1}$ pšenice a dávka hnojiva činila 368 $kg.ha^{-1}$. Následný výnos řepky ozimé pak dosáhl průměrné hodnoty 3,93 $t.h^{-1}$. V dalších letech 2007 a 2008 je patrná poměrná stagnace výnosů a to je z hlediska precizního zemědělství žádoucí. I když na poli Sedlacek v roce 2008 je výnos 3,9 $t.h^{-1}$ ječmene ozimého, ale tento poměrně nízký výnos byl způsoben velkou poléhavostí, vlivem klimatických podmínek daného roku, a tak velké procento úrody na pozemku zůstalo. Účelem tedy není neustálý růst výnosů, ale spíše ekonomika vstupů a výstupů. Variabilní aplikace umožňuje obrovskou úsporu finančních prostředků na hnojivech, která jsou přímo a účelně aplikovaná do míst, kde je rostlina schopna svým potenciálem dané živiny

využít. Rozmezí aplikovaných živin v jednotlivých letech jsou znázorněna v příloze u aplikačních map.

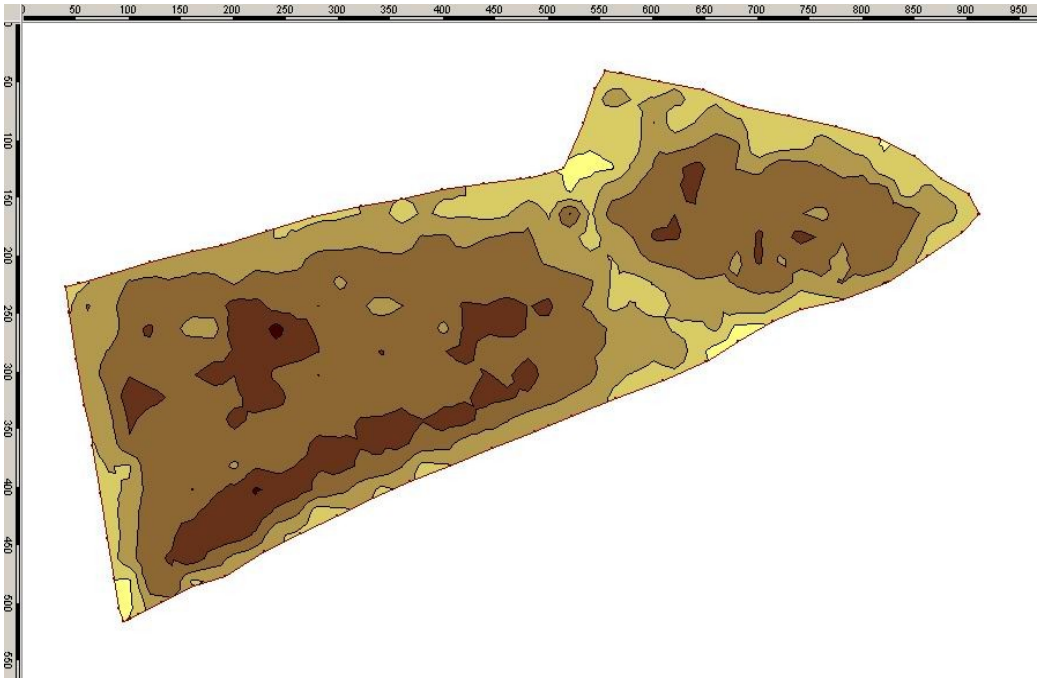
Je samozřejmostí, že v některých letech může být výnos menší oproti předcházejícím rokům. To může být zapříčiněno vlivem nepřesného plnění agrotechnických lhůt, ale zpravidla bývá hlavní příčina zaviněna povětrnostními podmínkami v dané lokalitě. Jinak v ZDV Krchleby a. s. mají zkušenosti s tím, že u polí, která jsou nově získána (koupení od soukromníků či krachujících družstev) bývá počáteční výnos zpravidla nízký a v následujících letech se rapidně zvyšuje, až dosáhne určitého průměru, který kolísá v závislosti na okolnostech. Dostat pole na uspokojující výnosovou úroveň trvá většinou 6 až 7 let. „Okamžité“ efekty v horizontu jednoho roku lze očekávat pouze u diferencované aplikace dusíku.

Určitě velmi důležitým předpokladem je použití vhodného systému v podniku, který má dobře vyřešenou celou technologii pěstování plodin, protože precizní zemědělství je vždy jen nadstavbou, která musí být aplikována na funkčních základech. Variabilní aplikace nám pak přináší očekávaný ekonomický efekt, a to jak ve zvýšení produkce, tak ve snížení ekonomických nákladů. Je však také šetrná k životnímu prostředí, protože nám její cílená aplikace zásobních živin umožňuje její následné využití rostlinným potenciálem a nezůstávají tak nevyužité živiny v půdě a hlavně tak nepodléhají intenzivnímu vyplavování do spodních vod [9].

# 8 PŘÍLOHA ( 14 LISTŮ)

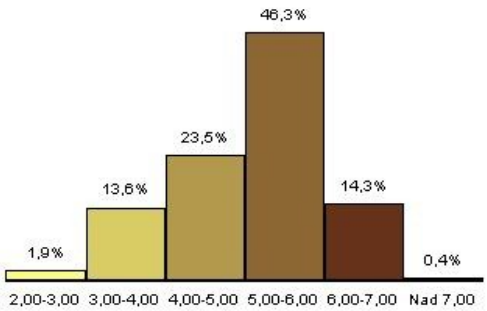
**List 1** – Výnosová mapa pole Proti Plichtovi (pšenice ozimá)

**rok 2003**, průměrný **výnos 5,09 t.ha$^{-1}$**



**Hranice 'Proti Plichtovi Matecny'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**Datum:** 11.9.2002 9:05:48
**Plocha:** 18,8970 ha
Vnější linie 'a1': 2.156,87 m

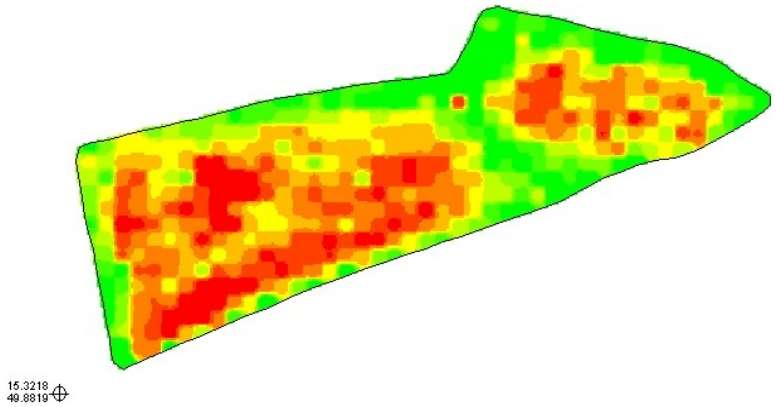
**Mapa naměřených hodnot '2003 psenice ozima 1'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**GPS-datum:** 28.7.2003 13:44:28
**Celková množství:**
Hranice 'Proti Plichtovi Matecny'
Průměrná hodnota: 5,09 t/ha
Celkové množství: 5,09 t/ha * 18,8970 ha = 96,20 t



**List 2** – Aplikační mapa pole Proti Plichtovi (aplikace po pšenici ozimé)

**rok 2003/04,** průměrná dávka živin **510 kg/ha**

Receptura 113: 30 (N) - 80 (P) - 95 (K) - 25 (Mg) [kg/ha]




| kg/ha | ha |
|---|---|
| 383 - 411 | 2.81 |
| 411 - 439 | 1.4 |
| 439 - 468 | 1.48 |
| 468 - 496 | 1.71 |
| 496 - 525 | 2.33 |
| 525 - 553 | 3.04 |
| 553 - 581 | 3.05 |
| 581 - 610 | 2.14 |
| 610 - 638 | 1.29 |
| Field Boundary | |

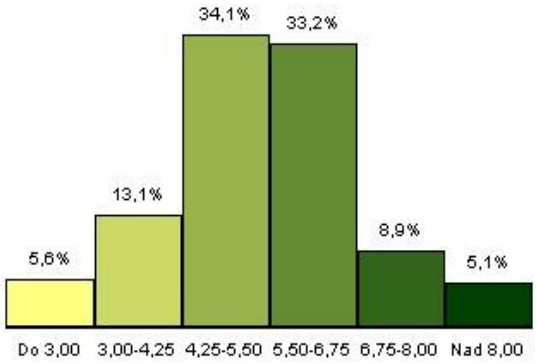
| | |
|---|---|
| Customer: | Krchleby |
| Activity Plan: | 2004-09 - r113 |
| Boundary Area: | 18.92 (ha) |
| Minimum: | 383 (kg/ha) |
| Maximum: | 638 (kg/ha) |
| Min Non-Zero: | 383 (kg/ha) |
| Avg Non-Zero: | 510 (kg/ha) |
| **Average:** | **510 (kg/ha)** |
| Est. Total: | 9,820 (kg) |

**List 3** – Výnosová mapa pole Proti Plichtovi (řepka ozimá)

**rok 2004**, průměrný **výnos 5,33 t.ha$^{-1}$**

**Hranice 'Proti Plichtovi Matecny'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**Plocha:** 18,8970 ha
Vnější linie 'a1': 2 156,87 m

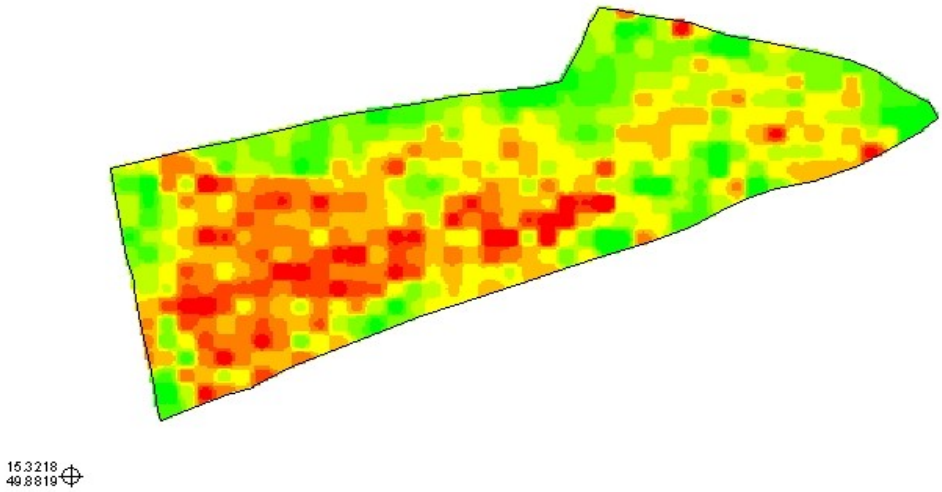
**Mapa naměřených hodnot '2004 repka ozima 1'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**GPS-datum:** 28.7.2004 12:51:31
**Celková množství:**
Hranice 'Proti Plichtovi Matecny'
Průměrná hodnota: 5,33 t/ha
Celkové množství: 5,33 t/ha * 18,8970 ha = 100,70 t



**List 4** – Aplikační mapa pole Proti Plichtovi (aplikace po řepce ozimé)

**rok 2004/05,** průměrná dávka živin **707 kg/ha**

Receptura 01: 22 (N) - 93 (P) - 124 (K) - 48 (Mg) [kg/ha]

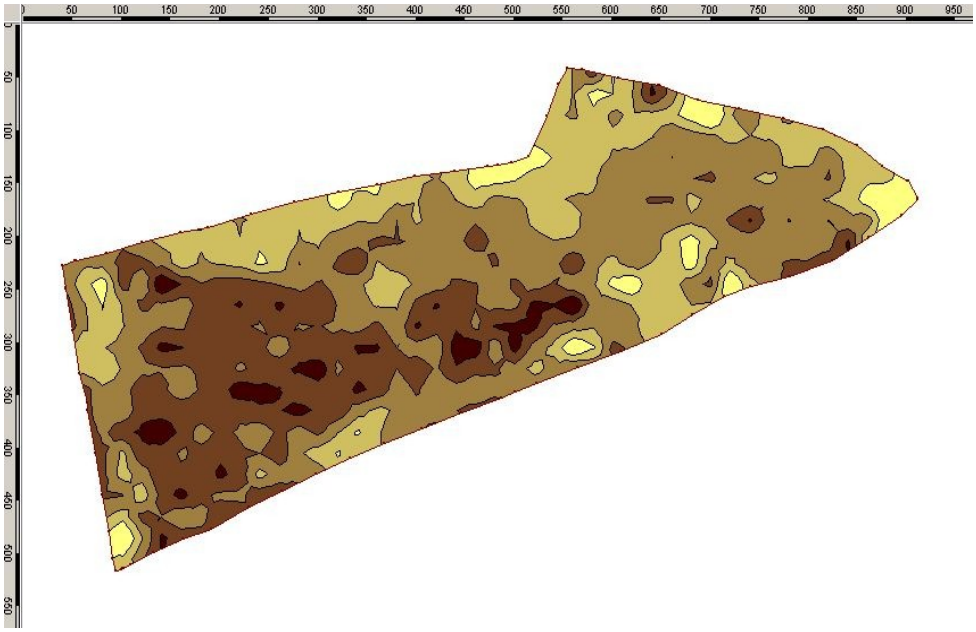



| kg/ha | ha |
|---|---|
| 0 | < 0.01 |
| 532 - 571 | 0.96 |
| 571 - 611 | 1.29 |
| 611 - 650 | 2.46 |
| 650 - 689 | 2.96 |
| 689 - 729 | 3.67 |
| 729 - 768 | 3.42 |
| 768 - 807 | 2.44 |
| 807 - 847 | 1.29 |
| 847 - 886 | 0.72 |
| Field Boundary | |

| | |
|---|---|
| Customer: | Krchleby |
| Activity Plan: | 2005-08 - r01 |
| Apply by: | Tuesday, August 08, 2005 |
| Boundary Area: | 18.88 (ha) |
| Minimum: | 532 (kg/ha) |
| Maximum: | 886 (kg/ha) |
| Min Non-Zero: | 532 (kg/ha) |
| Avg Non-Zero: | 707 (kg/ha) |
| **Average:** | **707 (kg/ha)** |
| Est. Total: | 13,586 (kg) |

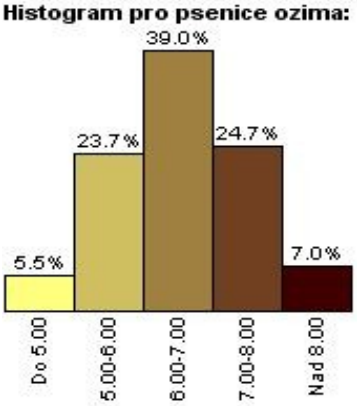
**List 5** – Výnosová mapa pole Proti Plichtovi (pšenice ozimá)

**rok 2005**, průměrný **výnos 6,51 t.ha$^{-1}$**



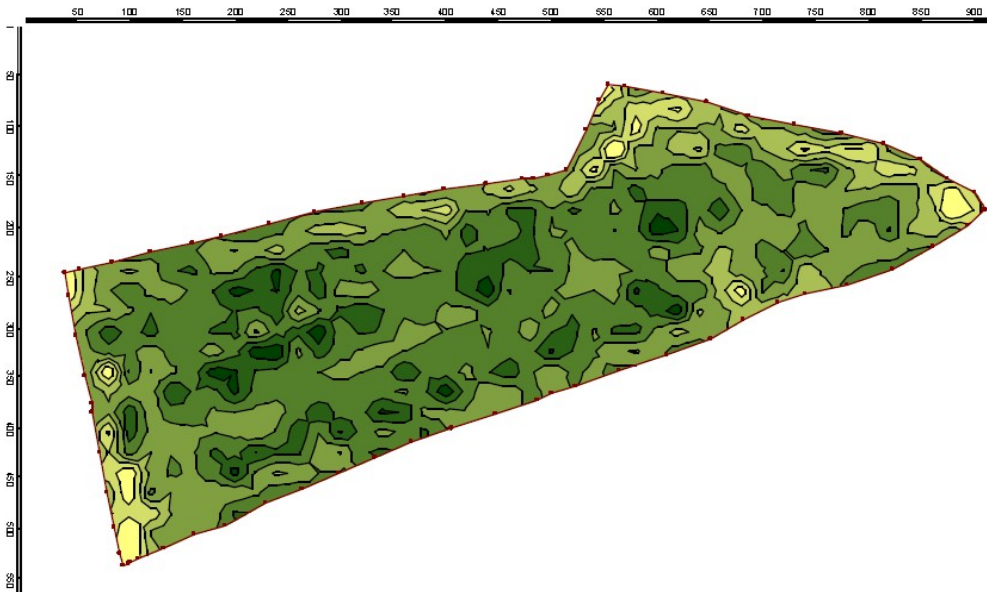
**Hranice 'Proti Plichtovi Matecny'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**Datum:** 9/11/2002 9:05:48 AM
**Plocha:** 18.8970 ha
Vnější linie 'a1': 2,156.87 m

**Mapa naměřených hodnot '2005 psenice ozima 2'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**GPS-datum:** 8/27/2005 10:11:46 AM
**Hodnoty z mapy:**
Orámování pole: 18.8970 ha
Průměr (psenice ozima): 6.51 t/ha
Celkové množství (psenice ozima): 123.10 t
**Histogram pro psenice ozima:**



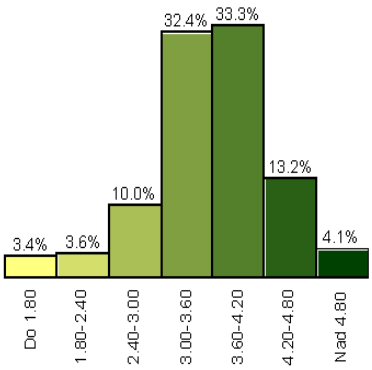
**List 6** – Výnosová mapa pole Proti Plichtovi (řepka ozimá)

**rok 2007**, průměrný **výnos 3,56 t.ha$^{-1}$**



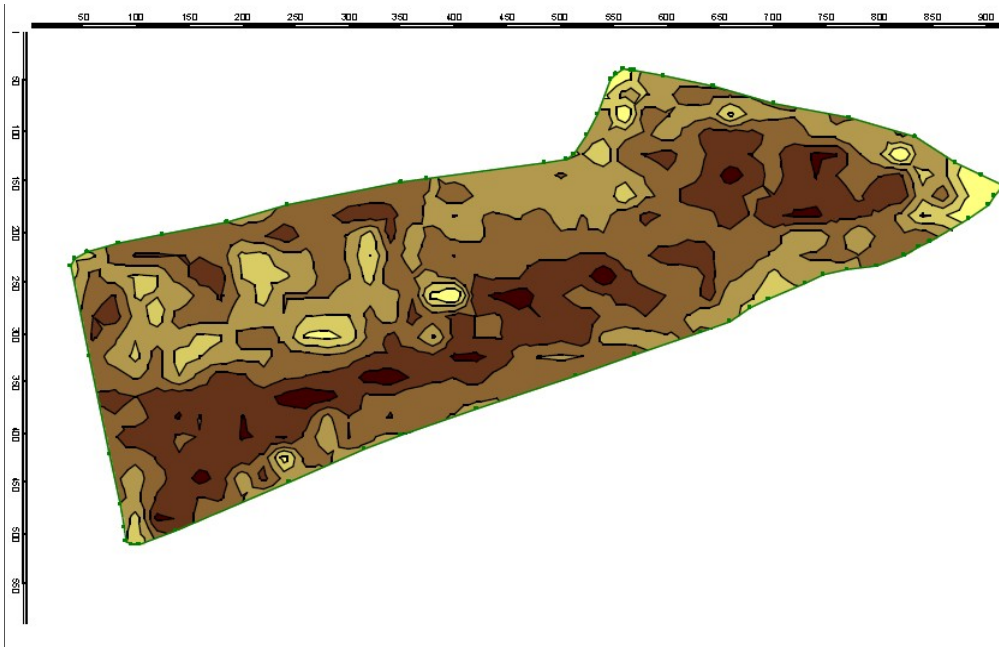
**Hranice 'Proti Plichtovi Matecny'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**Datum:** 11.9.2002 9:05:48
**Plocha:** 18.8970 ha
Vnější linie 'a1': 2 156.87 m

**Mapa naměřených hodnot '2007 repka ozima 1'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**GPS-datum:** 8.7.2007 12:53:17
**Hodnoty z mapy:**
Orámování pole: 18.8970 ha
Průměr (repka ozima): 3.56 t/ha
Celkové množství (repka ozima): 67.34 t
**Histogram pro repka ozima:**



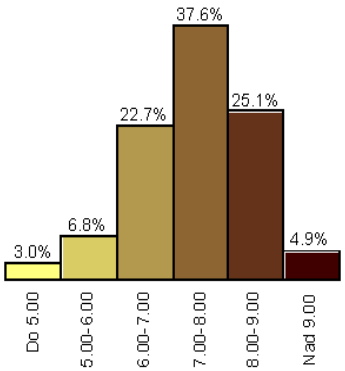
**List 7** – Výnosová mapa pole Proti Plichtovi (pšenice ozimá)

**rok 2008**, průměrný **výnos 7,39 t.ha$^{-1}$**



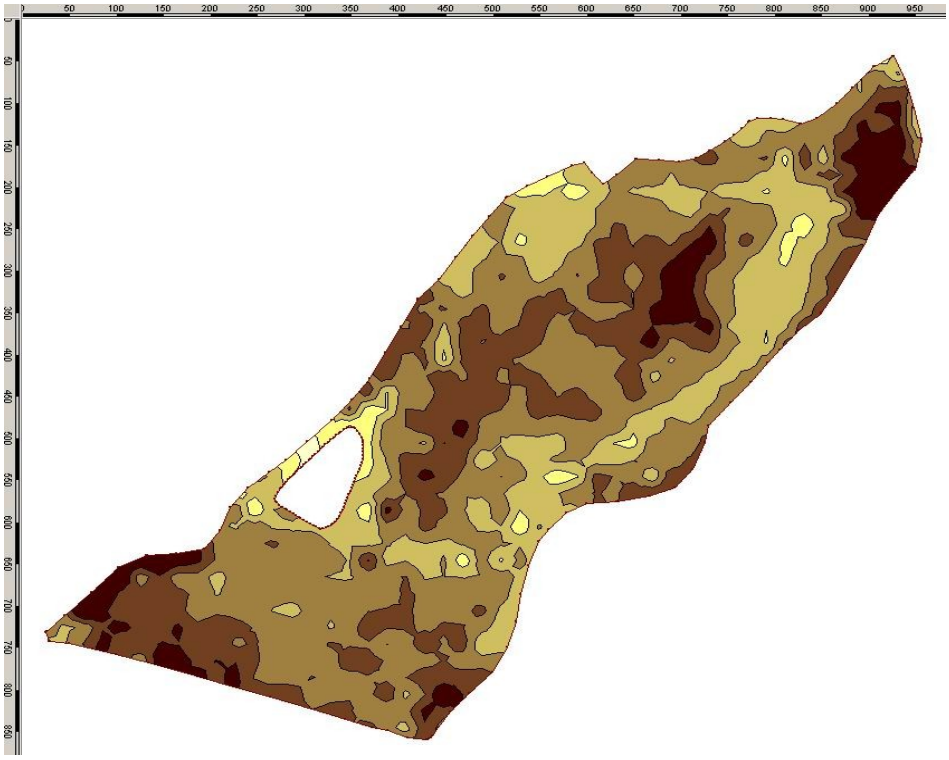

**Hranice 'Proti Plichtovi L080721'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**Plocha:** 18.9283 ha
Vnější linie 'a1': 2 154.86 m

**Mapa naměřených hodnot '2008 psenice ozima 1'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1607-00, Proti Plichtovi
**GPS-datum:** 29.7.2008 13:28:37
**Hodnoty z mapy:**
Orámování pole: 18.9283 ha
Průměr (psenice ozima): 7.39 t/ha
Celkové množství (psenice ozima): 139.80 t
**Histogram pro psenice ozima:**



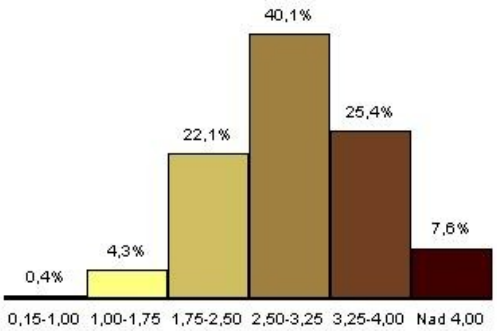
**List 8** – Výnosová mapa pole Sedlacek (pšenice ozimá)

**rok 2003**, průměrný **výnos 2,95 t.ha$^{-1}$**



**Hranice 'Sedlacek Matecny'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**Datum:** 11.9.2002 9:01:30
**Plocha:** 27,7079 ha
Vnější linie 'a1': 28,3444 ha 2.704,56 m
Ostrůvek 'i2': 0,6365 ha 324,77 m

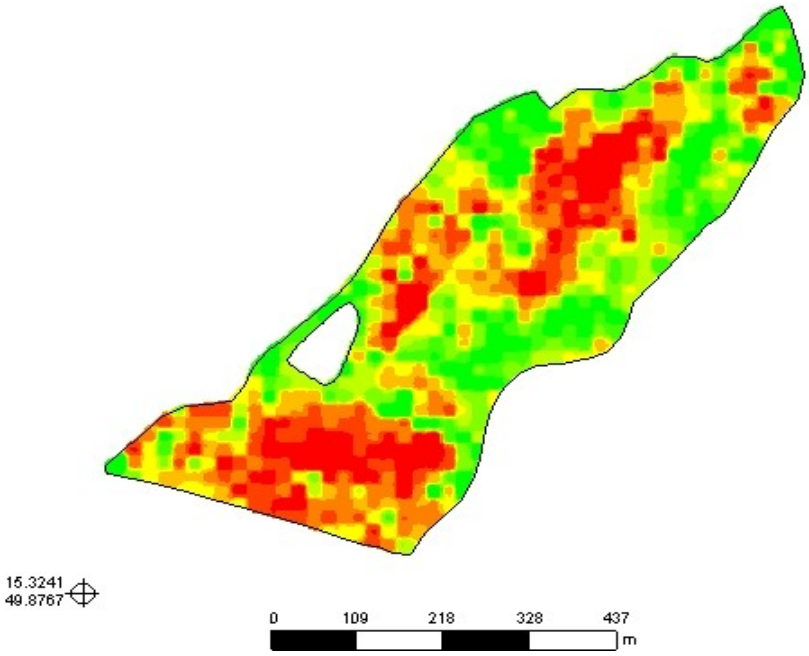
**Mapa naměřených hodnot '2003 psenice 1'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**GPS-datum:** 28.7.2003 12:58:47
**Celková množství:**
Hranice 'Sedlacek Matecny'
Průměrná hodnota: 2,95 t/ha
Celkové množství: 2,95 t/ha * 27,7079 ha = 81,70 t



**List 9** – Aplikační mapa pole Sedlacek (aplikace po pšenici ozimé)

**rok 2003/04,** průměrná dávka živin **357 kg/ha**

Receptura 203: 13 (N) - 55 (P) - 50 (K) - 25 (Mg) [kg/ha]

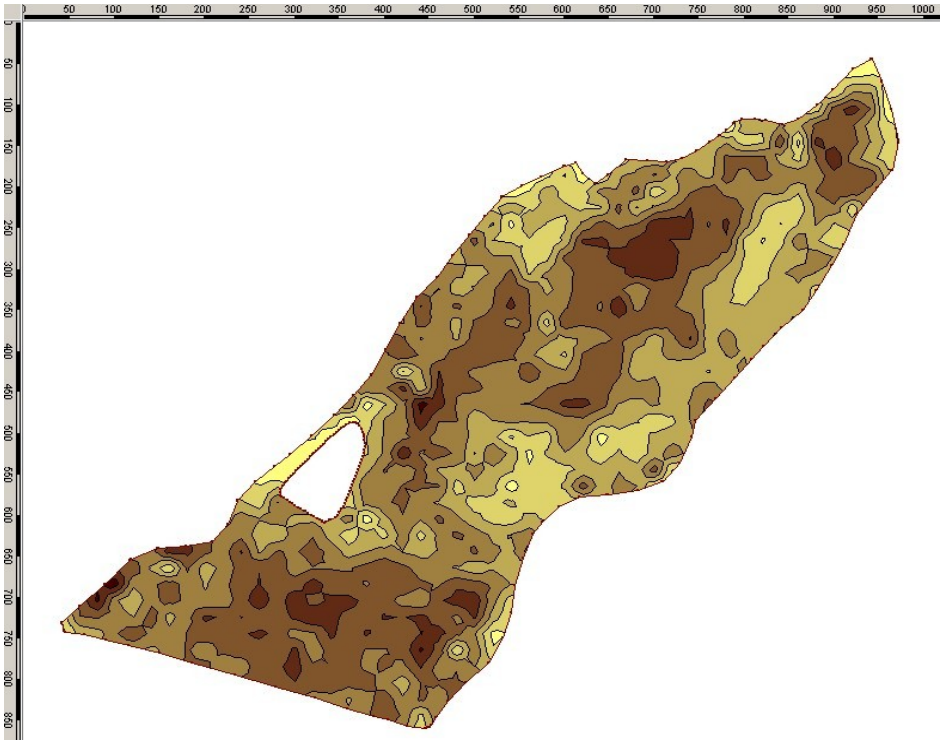



| kg/ha | ha |
|---|---|
| 268 - 288 | 3.6 |
| 288 - 308 | 2.73 |
| 308 - 327 | 3 |
| 327 - 347 | 3.06 |
| 347 - 367 | 3 |
| 367 - 387 | 3.13 |
| 387 - 407 | 3.47 |
| 407 - 426 | 3.08 |
| 426 - 446 | 3.12 |
| Field Boundary | |

| | |
|---|---|
| Customer: | Krchleby |
| Activity Plan: | 2004-08 - r203 |
| Boundary Area: | 27.67 (ha) |
| Minimum: | 268 (kg/ha) |
| Maximum: | 446 (kg/ha) |
| Min Non-Zero: | 268 (kg/ha) |
| Avg Non-Zero: | 357 (kg/ha) |
| **Average:** | **357 (kg/ha)** |
| Est. Total: | 10,069 (kg) |

**List 10** – Výnosová mapa pole Sedlacek (pšenice ozimá)

**rok 2005**, průměrný **výnos 6,40 t.ha$^{-1}$**



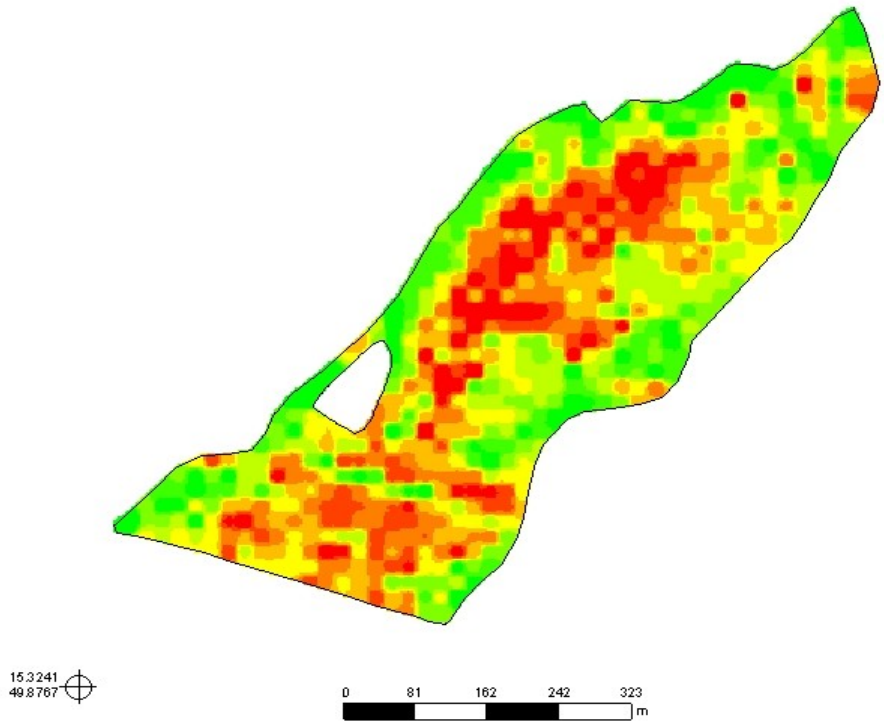
**Hranice 'Sedlacek Matecny'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**Datum:** 9/11/2002 9:01:30 AM
**Plocha:** 27.7079 ha
Vnější linie 'a1': 28.3444 ha 2,704.56 m
Ostrůvek 'i2': 0.6365 ha 324.77 m

**Mapa naměřených hodnot '2005 psenice ozima 1'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**GPS-datum:** 8/3/2005 1:40:13 PM
**Hodnoty z mapy:**
Orámování pole: 27.7079 ha
Průměr (psenice ozima): 6.40 t/ha
Celkové množství (psenice ozima): 177.40 t
**Histogram pro psenice ozima:**

**List 11** – Aplikační mapa pole Sedlacek (aplikace po pšenici ozimé)

**rok 2005/06,** průměrná dávka živin **368 kg/ha**

Receptura 320: 14 (N) - 58 (P) - 65 (K) - 22 (Mg) [kg/ha]

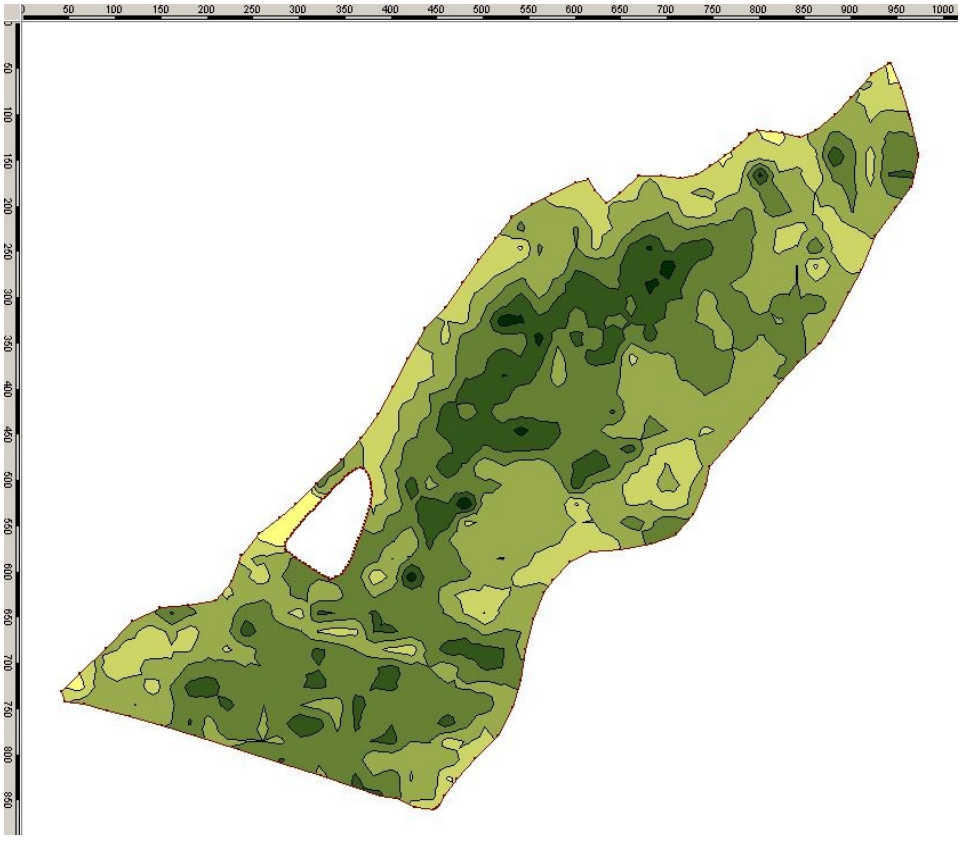



| kg/ha | ha |
|---|---|
| 0 | < 0.01 |
| 284 - 303 | 2.36 |
| 303 - 322 | 2.78 |
| 322 - 341 | 3.32 |
| 341 - 360 | 3.84 |
| 360 - 378 | 3.87 |
| 378 - 397 | 4.03 |
| 397 - 416 | 3.75 |
| 416 - 435 | 2.30 |
| 435 - 454 | 1.96 |
| Field Boundary | |

| | |
|---|---|
| Customer: | Krchleby |
| Activity Plan: | 2006-09 - r320 |
| Apply by: | Tuesday, September 12, 2006 |
| Boundary Area: | 27.67 (ha) |
| Minimum: | 284 (kg/ha) |
| Maximum: | 454 (kg/ha) |
| Min Non-Zero: | 284 (kg/ha) |
| Avg Non-Zero: | 368 (kg/ha) |
| **Average:** | **368 (kg/ha)** |
| Est. Total: | 10,365 (kg) |

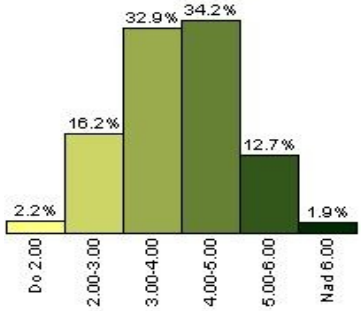
**List 12** – Výnosová mapa pole Sedlacek (řepka ozimá)

**rok 2006**, průměrný **výnos 3,93 t.ha$^{-1}$**



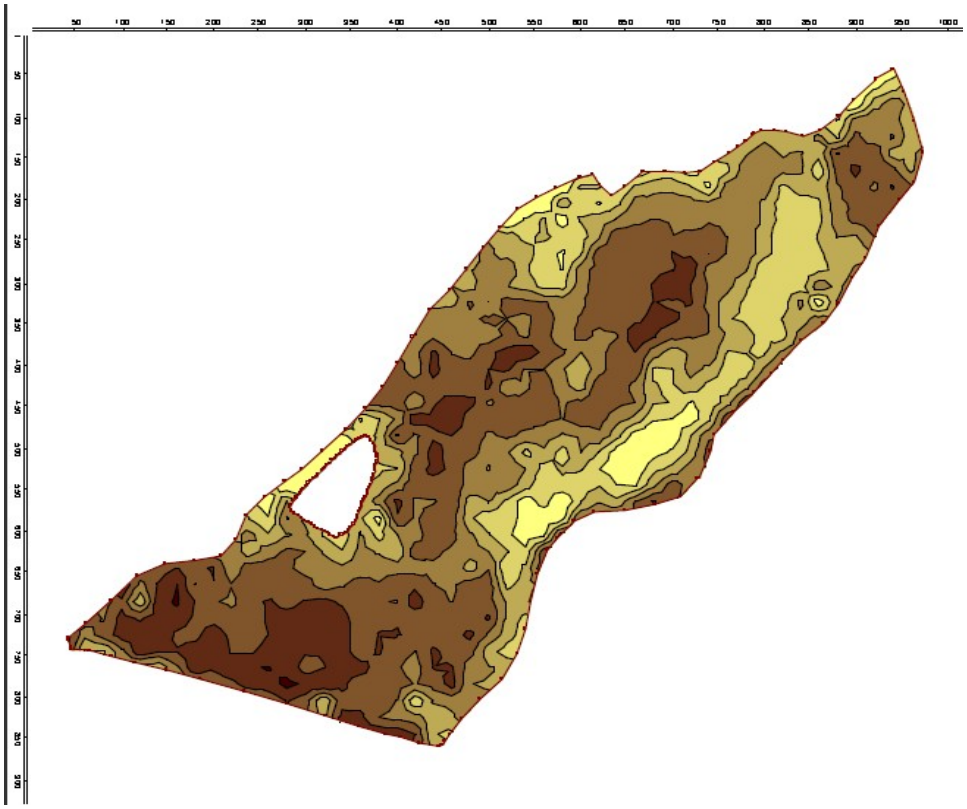
**Hranice 'Sedlacek Matecny'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**Datum:** 9/11/2002 9:01:30 AM
**Plocha:** 27.7079 ha
Vnější linie 'a1': 28.3444 ha 2,704.56 m
Ostrůvek 'i2': 0.6365 ha 324.77 m

**Mapa naměřených hodnot '2006 repka ozima 1'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**GPS-datum:** 7/23/2006 8:52:00 AM
**Hodnoty z mapy:**
Orámování pole: 27.7079 ha
Průměr (repka ozima): 3.93 t/ha
Celkové množství (repka ozima): 108.89 t
**Histogram pro repka ozima:**



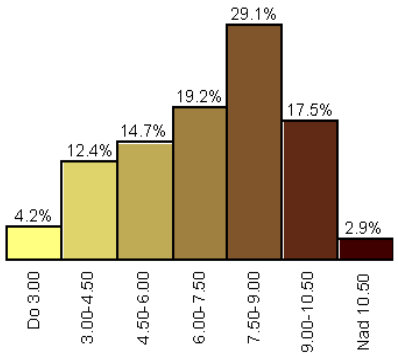
**List 13** – Výnosová mapa pole Sedlacek (pšenice ozimá)

**rok 2007**, průměrný **výnos 7,04 t.ha$^{-1}$**



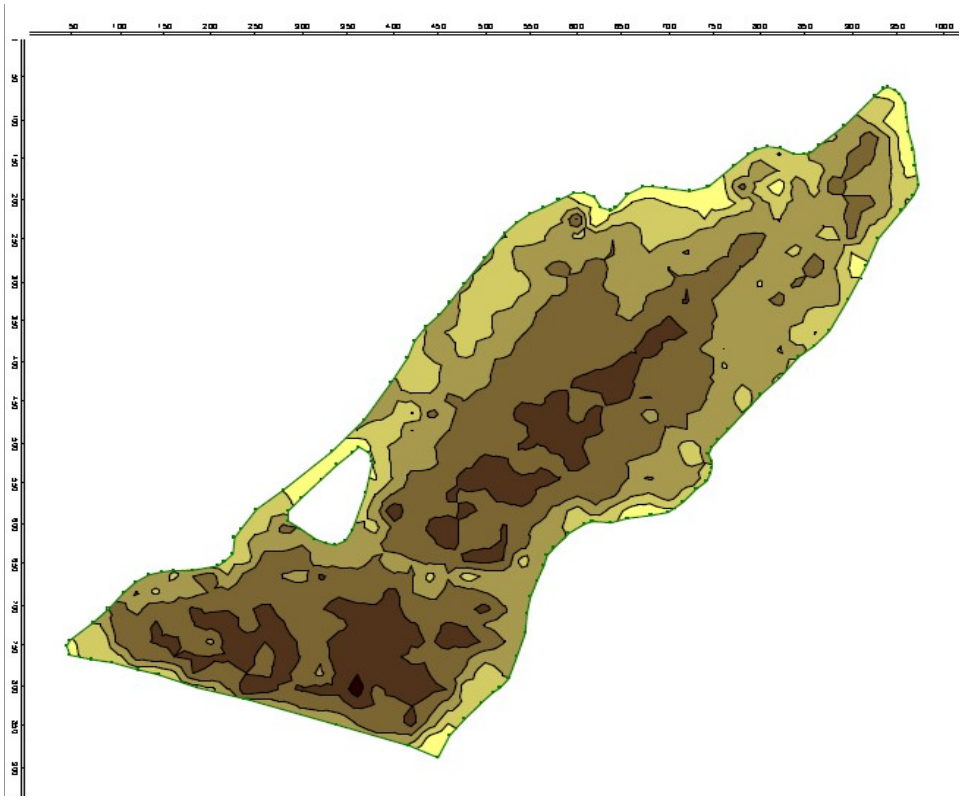
**Hranice 'Sedlacek Matecny'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**Datum:** 11.9.2002 9:01:30
**Plocha:** 27.7079 ha
Vnější linie 'a1': 28.3444 ha 2 704.56 m
Ostrůvek 'i2': 0.6365 ha 324.77 m

**Mapa naměřených hodnot '2007 psenice ozima 2'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**GPS-datum:** 25.7.2007 13:31:04
**Hodnoty z mapy:**
Orámování pole: 27.7079 ha
Průměr (psenice ozima): 7.04 t/ha
Celkové množství (psenice ozima): 195.06 t
**Histogram pro psenice ozima:**



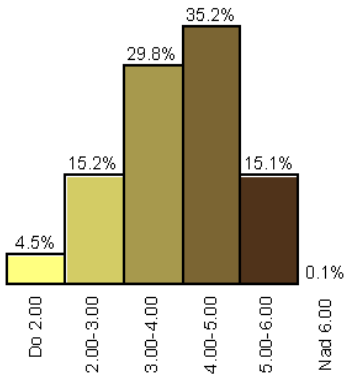
**List 14** – Výnosová mapa pole Sedlacek (ječmen ozimý)

**rok 2008**, průměrný **výnos 3,90 t.ha$^{-1}$**



**Hranice 'Sedlacek L080721'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**Plocha:** 27.9980 ha
Vnější linie 'a1': 28.6134 ha 2 732.93 m
Ostrůvek 'i0': 0.6154 ha 320.76 m

**Mapa naměřených hodnot '2008 jecmen ozimy 1'**
**Hospodář:** Krchleby
**Hon:** 1604-00, Sedlacek
**GPS-datum:** 2.7.2008 11:56:12
**Hodnoty z mapy:**
Orámování pole: 27.9980 ha
Průměr (jecmen ozimy): 3.90 t/ha
Celkové množství (jecmen ozimy): 109.30 t
**Histogram pro jecmen ozimy:**



# 9 PŘEHLED POUŽITÉ LITERATURY

**1.** VANĚK, Václav, et al. Racionální použití hnojiv. In *Racionální použití hnojiv zaměřené na setrvalý rozvoj a precizní zemědělství*. [s.l.] : [s.n.], 2003. s. 182. ISBN 80-213-1083-9.

**2.** KOVAŘÍČEK, P.: Stanovení operativní výkonnosti z prostorových dat GPS. In *Zemědělská technika a energetika na prahu nového tisíciletí*. JČU v Českých Budějovicích, 2001. s. 261. ISBN 80 – 7040 – 495 – 7.

**3.** ŠAŘEC, O. – PROŠEK, V. - MIMRA M.: Použití elektrické vodivosti pro mapování půdních rozdílů na pozemcích. In *Zemědělská technika a energetika na prahu nového tisíciletí*. JČU v Českých Budějovicích, 2001. s. 261. ISBN 80 – 7040 – 495 – 7.

**4.** *Www.agroweb.cz/projekt/casopis* [online]. 2005 [cit. 2006-10-21]. Dostupný z WWW: <http://www.agroweb.cz/zemedelska-technika/>.

**5.** LOCH, T. – HŮLA, J. – KOVAŘÍČEK, P. – ŠINDELÁŘ, R.: *Zemědělská technika a energetika na prahu nového tisíciletí*. ČZU v Praze, 1999.

**6.** BEČKA, J. - HONZÍK, I. - NEUBAUERr K.: *Stroje pro sklizeň pícnin a obilovin*. ČZU v Praze, 2001. ISBN 80 – 213 – 0738 – 2.

**7.** KUMHÁLA, F. – HONZÍK, I.: Tvorba výnosových map systémem AFS firmy CASE IH. *Zemědělská technika na přelomu 20. a 21. století.* ČZU v Praze, 1999. 267 s.

**8.** *Www.agroweb.cz/projekt/casopis* [online]. 2005 [cit. 2006-10-21]. Dostupný z WWW: <http://www.agroweb.cz/rostlinná-výroba/>.

**9.** Vlastní tvorba, informace poskytnuté firmou ZZN Pelhřimov

**10.** VANĚK, Václav, et al. Výživa polních a zahradních plodin. In *Výživa polních a zahradních plodin*. [s.l.] : [s.n.], 2007. s. 252. ISBN 976-80-86726-25-0.

**Obrázky:**

**11.** LIPAVSKÝ, J. – KROUHLÍK, M.: Precizní hospodaření – principy a možnosti. *Racionální použití hnojiv.* ČZU v Praze, 2003. s. 182. ISBN 80 – 213 – 1083 – 9.

**12.** H*ttp://www.hsrs.cz* [online]. 2005 [cit. 2006-02-30]. Dostupný z WWW: <http://www.bnhelp.cz/mapserv/bnhelp/maps.php>.

**13.** *Http://www.leadingfarmers.cz/?uri=http://www.izservis.cz/main.asp* [online]. 2009 [cit. 2007-03-12]. Dostupný z WWW: <http://www.izservis.cz/nsensor/prezentace/precise/NSensor.asp>.

**14.** *Http://www.tf.czu.cz/cs/* [online]. 2006 [cit. 2006-06-06]. Dostupný z WWW: <http://etext.czu.cz/sekce.php?id=publikace>.

**15.** *Www.czu.cz* [online]. 2006 [cit. 2006-06-06]. Dostupný z WWW: <http://www.czu.cz/cs/?r=2934>.

**16.** *Www.agleader.com* [online]. 2009 [cit. 2009-02-14]. Dostupný z WWW: <http://www.agleader.com/products.php?Product=guidance>.

**17.** Z vlastních zdrojů, informace poskytnuté firmou ZZN Pelhřimov

**18.** VANĚK, Václav, et al. Výživa polních a zahradních plodin. In *Výživa polních a zahradních plodin*. [s.l.] : [s.n.], 2007. s. 252. ISBN 976-80-86726-25-0.

**19.** *Http://www2.jpl.nasa.gov* [online]. 2001 [cit. 2001-01-10]. Dostupný z WWW: <http://www2.jpl.nasa.gov/galileo/news/news.html#newsletter>.

**Příloha** – z vlastních zdrojů, informace poskytnuté firmou ZZN Pelhřimov