



Tvorba (ukládání) uhlíku v rámci zemědělské výroby a použitých technologií pěstování rostlin

Ing. Václav Voltr, CSc.

ÚZEI

Workshop Budoucnost organické hmoty pro půdy v České republice
Náměšť nad Oslavou 10.-11.11.2022,

Cíl prezentace

- Sumarizovat poznatky k ukládání uhlíku v půdě ze zemědělské výroby a souvislosti s technologiemi pěstování plodin včetně hlavních produkčních dopadů a nutnosti zabezpečení kvalitní organické hmoty
- Výsledky jsou převážně z výsledků výzkumné činnosti na ÚZEI a zpracovaných tématických úkolů pro MZe
- Základem přístupu je systematizace úrodnosti půdy podle BPEJ na půdních blocích a podnicích podle šetření z velkého počtu případů

Výsledky posouzení vztahu půdní organické hmoty, vlastností půdy a vstupů do půdy – pozemky hnojené digestátem

Model závislosti obsahu Cox v půdě mezi roky 2018 – 2008 na vstupech do půdy a půdním prostředím.

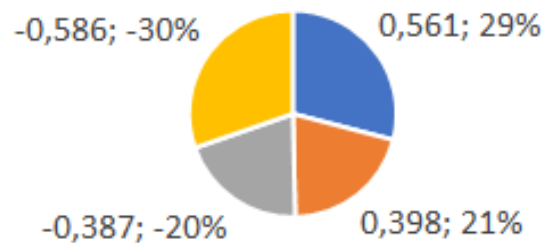
Zdroj: Voltr, V.; Menšík, L.; Hlisnikovský, L.; Hruška, M.; Pokorný, E.; Pospíšilová, L. The Soil Organic Matter in Connection with Soil Properties and Soil Inputs. *Agronomy* **2021**, 11, 779. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040779>

| Proměnné | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | Collinearity Statistics | |
|---|-----------------------------|-------------|---------------------------|---------------|-------------|-------------------------|--------------|
| | B | Std. Error | Beta | | | Tolerance | VIF |
| Konstanta | 2.401 | .604 | | 3.977 | .000 | | |
| Difference HWEC 2018 – 2008 | .001 | .000 | .346 | 3.001 | .004 | .936 | 1.069 |
| Zrnitost půdy, procento částic 0,01 -0,001 mm (ST01) | -.028 | .010 | -.305 | -2.632 | .011 | .926 | 1.080 |
| Zrnitost půdy, procento částic 0,25-2,00 mm (ST2) | -.023 | .007 | -.439 | -3.408 | .001 | .748 | 1.336 |
| Organická hmota ze živočišné výroby (FYM_OM) | .019 | .011 | .212 | 1.735 | .089 | .834 | 1.198 |
| pH (KCl) | -.136 | .071 | -.249 | -1.910 | .062 | .731 | 1.369 |
| Energie NPK + energie vedlejšího produktu po sklizni (ENPKB) | -3.968E-7 | .000 | -.302 | -2.519 | .015 | .865 | 1.156 |
| Hloubka podorničí (SSD) | -.011 | .006 | -.232 | -1.957 | .056 | .887 | 1.127 |

R²=0.8639

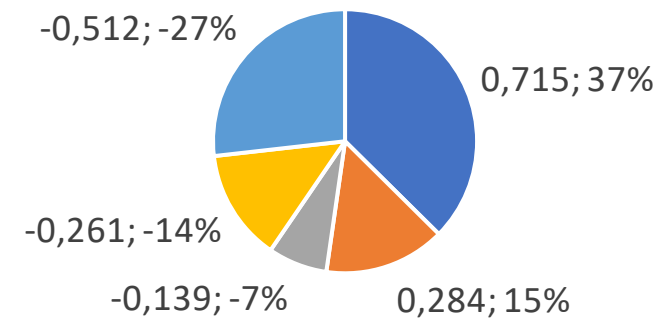
Závislost ukládání SOC na půdním prostředí

HWEC 2018



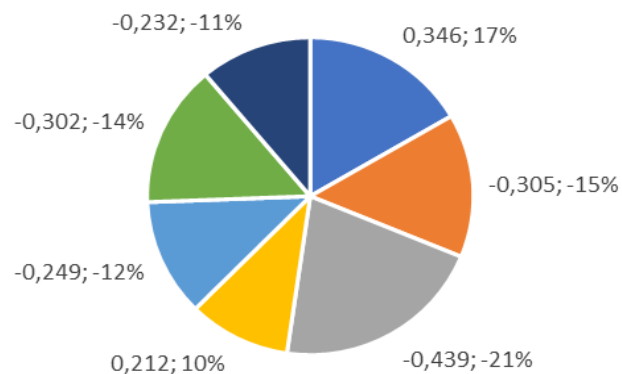
- Digestát a technologická voda
- Výměnná sorpční kapacita půdy
- Celkový vstup dusíku
- Vstup minerálního P2O5

HWEC 2018 - 2016



- nasycenost sorpčního komplexu
- organická hmota v digestátu
- vstup K2O
- pH půdy
- stav půdy podle expertního sledování (+ nejlepší, 5 nejhorší)

SOC 2018 - 2008



- HWEC rozdíl 2018 - 2008
- STS001 (%)
- Organická hmota ze živočišné produkce (t/ha)
- Energie vstupů do půdy (MJ)
- Hloubka podorničí (cm)
- pH

Závěry ze sledování pozemků hnojených digestátem

- Na sledovaných pokusných plochách hnojených digestátem a statkovými hnojivy došlo ke zvýšení obsahu SOC, snížení pH a nasycení sorpčního komplexu
- HWEC se snižuje krátkodobě nejvýrazněji hnojením fosforem (-30%) a celkovou dávkou aplikovaného N do půdy (-20%), zvyšuje se aplikací digestátu (+29%) a nasyceností sorpčního komplexu (+21%).
- Ve střednědobém horizontu je HWEC ovlivněn digestátem (+15%), nasyceností sorpční kapacity půdy (+37%), negativní vliv má draslík (-7%), pH (-14%) a kategorie stavu půdy – se zhoršujícím se stavem je vliv – 27%

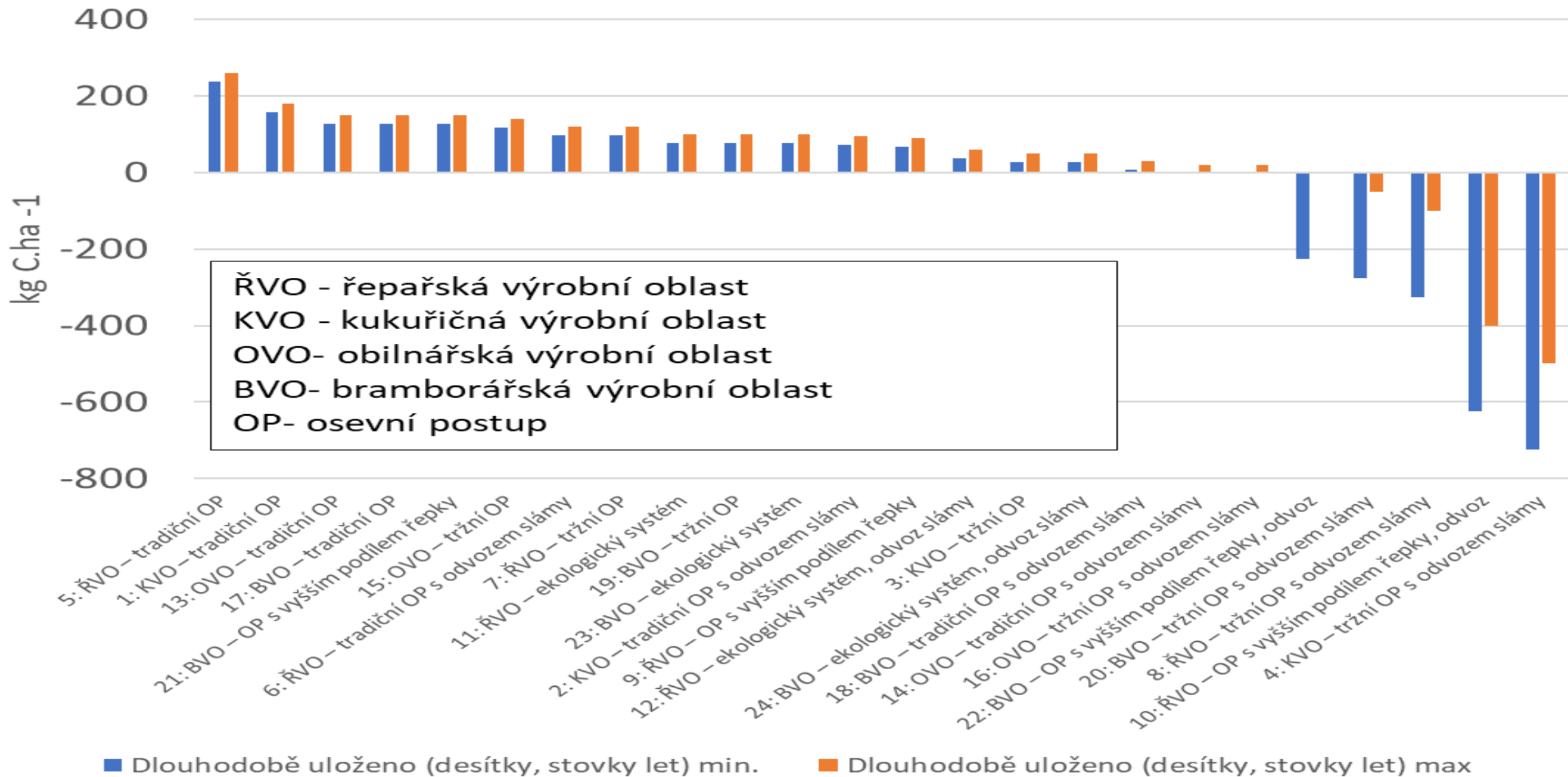
Sekvestrace uhlíku –

podle Středa, Vlček, Rožnovský - ACTA UNIVERSITATIS AGRICULTURAE ET SILVICULTURAE MENDELIANAE BRUNENSIS SBORNÍK MENDELOVY ZEMĚDĚLSKÉ A LESNICKÉ UNIVERZITY V BRNĚ Ročník LVI 21 Číslo 2, 2008

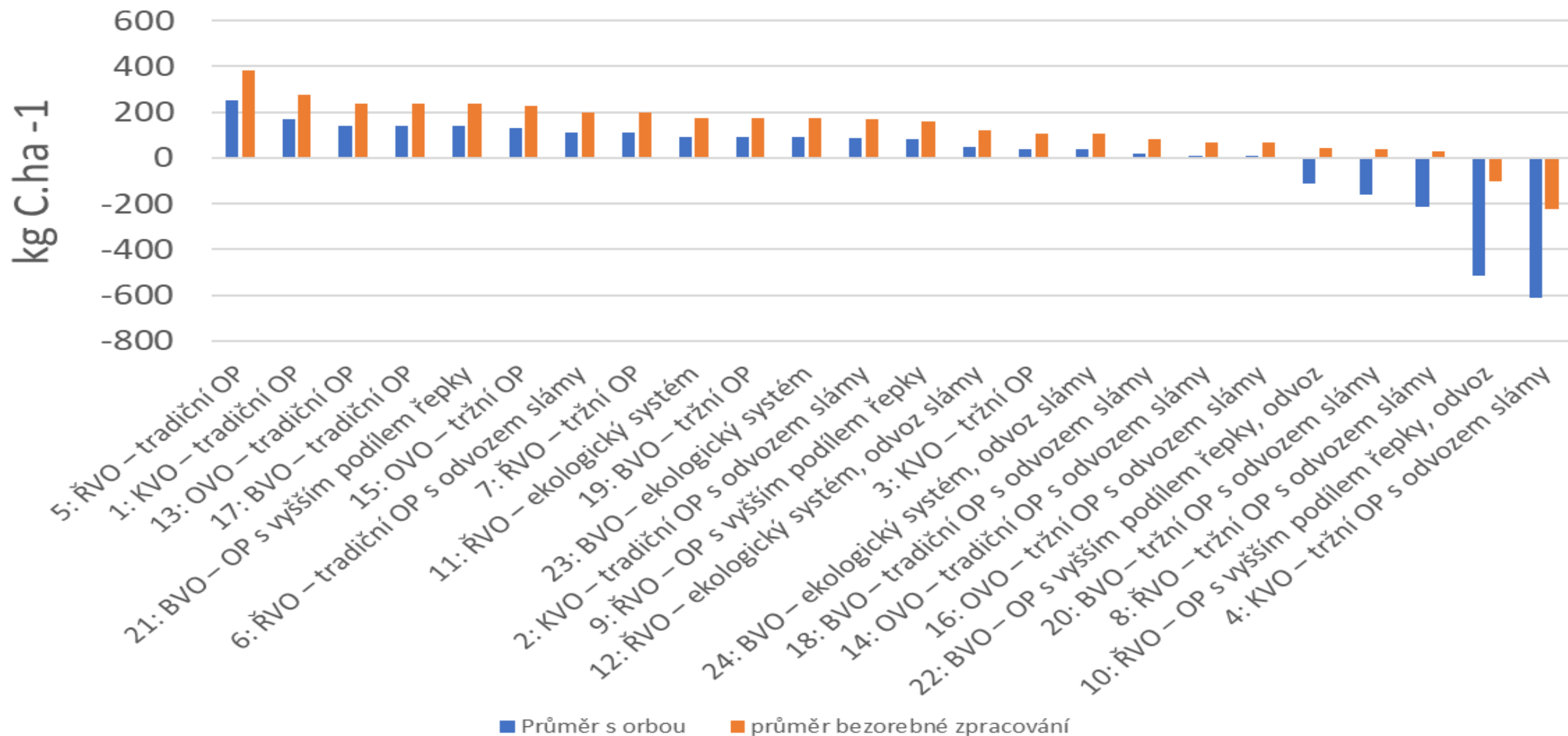
- Množství a složení posklizňových zbytků – přepočítání na stoprocentní sušinu a podle skladby na uhlík podle osevního postupu
 - Tradiční – optimální střídání plodin
 - Tržní – vyšší podíl plodin obilovin a řepky
 - Ekologický – podle ekologického způsobu hospodaření
 - S vyšším podílem řepky

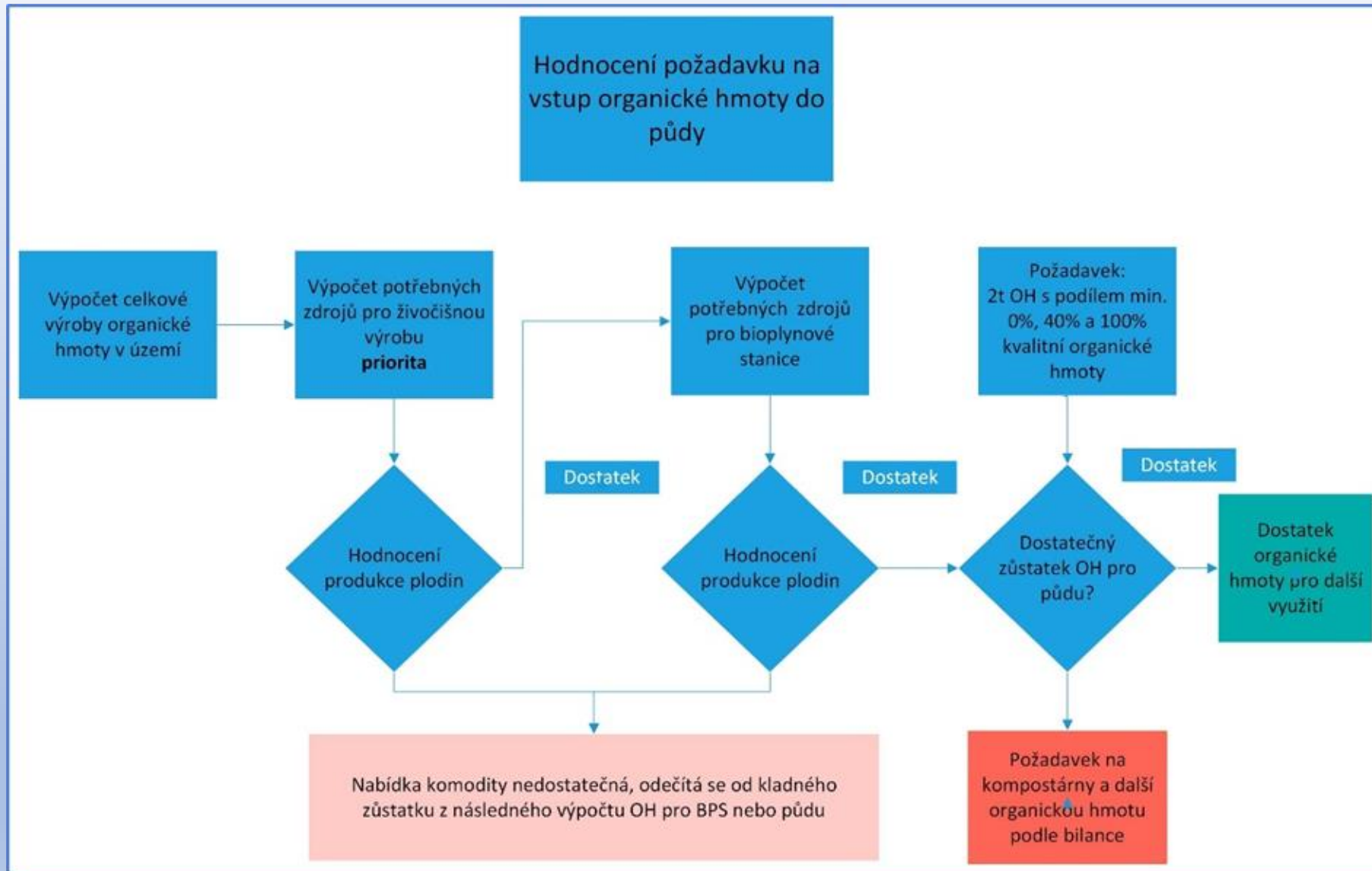
Podle výsledků v publikaci byly sestaveny grafy dopadu výběru plodin a technologií na tvorbu SOC

Dlouhodobě uložený C v půdě

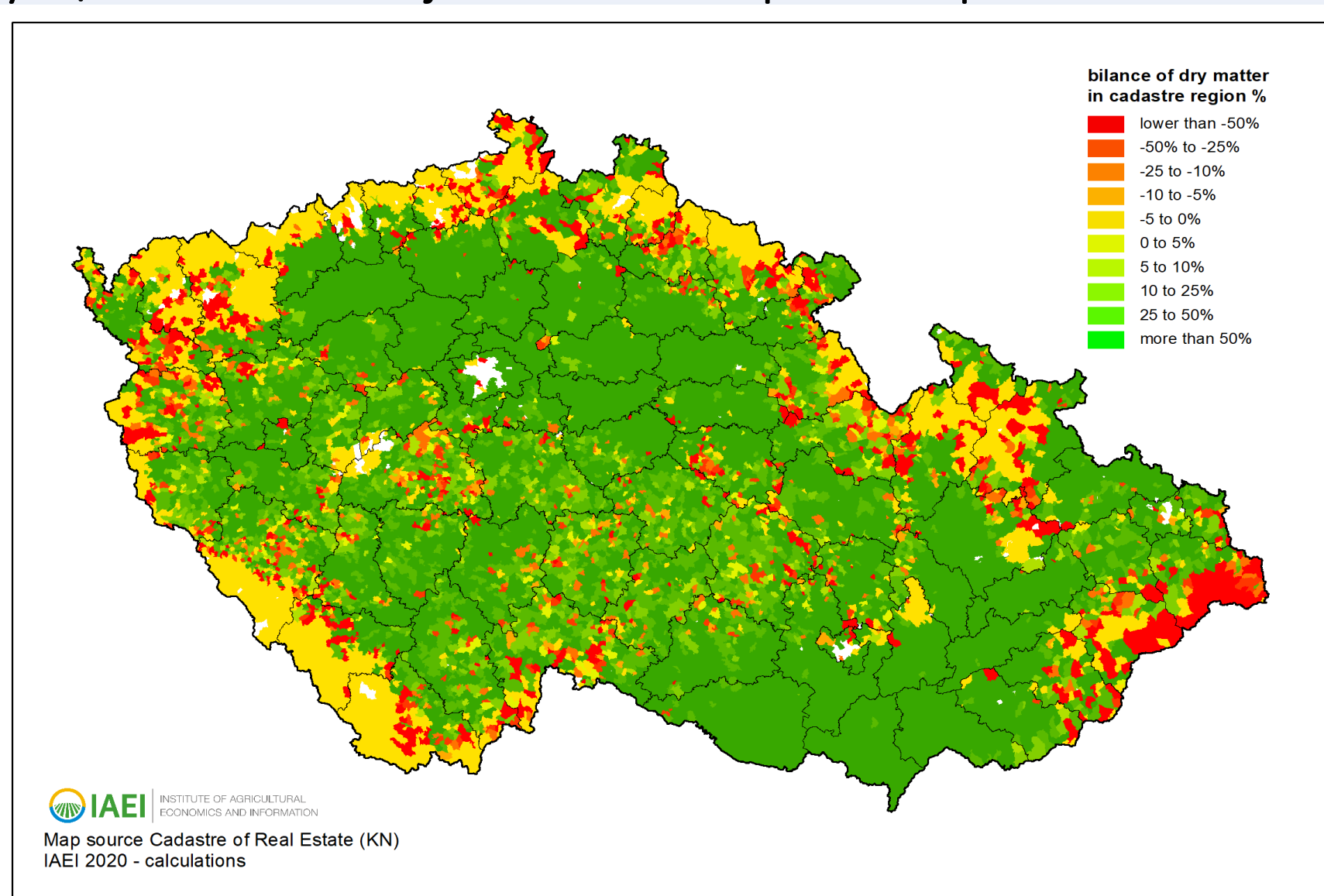


Dlouhodobě uložený C v půdě

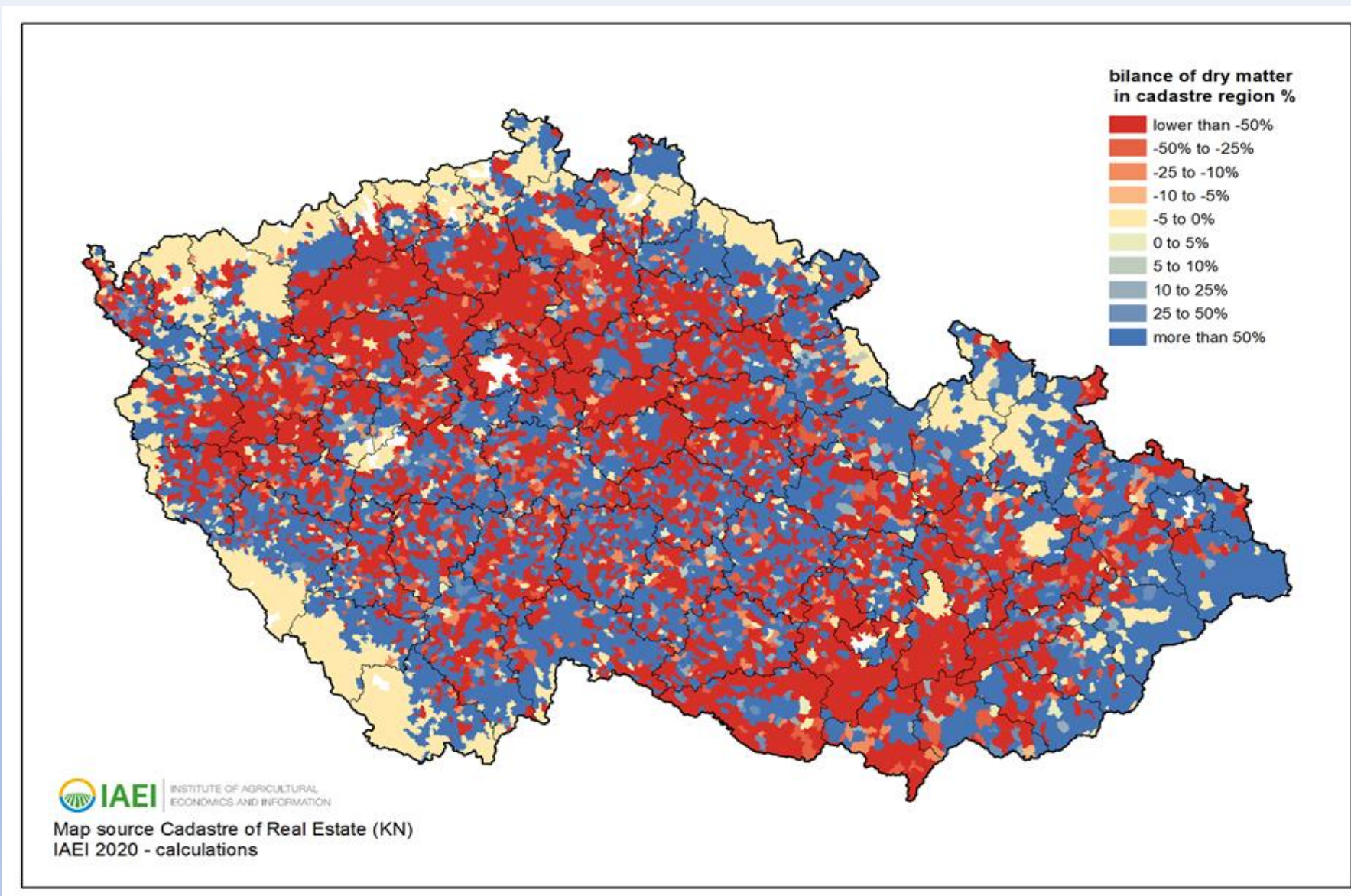




Mapa bilance OM na katastrálních územích při požadovaných vstupech organické hmoty 2t/ha ročně a stávající úrovni zastoupení meziplodin



Dispozice kvalitní organické hmoty z hnoje nebo kompostu



Chybějící kapacity kompostáren pro zabezpečení kvalitní organické hmoty

| Název Kraje | Bilance celkové kvalitní organické hmoty (t) podle její potřeby (%) | | |
|----------------------|---|----------|------------|
| | 0% | 40% | 100% |
| Hlavní město Praha | 0 | -6 736 | -15 047 |
| Středočeský kraj | 0 | -71 749 | -480 378 |
| Jihočeský kraj | 0 | -30 | -173 392 |
| Plzeňský kraj | 0 | -15 996 | -189 525 |
| Karlovarský kraj | 0 | -5 888 | -34 163 |
| Ústecký kraj | 0 | -88 945 | -143 638 |
| Liberecký kraj | 0 | 974 | -17 742 |
| Královéhradecký kraj | 0 | 6 510 | -114 318 |
| Pardubický kraj | 0 | -19 161 | -95 161 |
| Kraj Vysočina | 0 | 274 | -172 924 |
| Jihomoravský kraj | 0 | -124 283 | -405 638 |
| Olomoucký kraj | 0 | -35 584 | -163 992 |
| Zlínský kraj | 0 | -11 642 | -78 784 |
| Moravskoslezský kraj | 0 | -13 558 | -71 543 |
| Celkem | 0 | -385 813 | -2 156 244 |

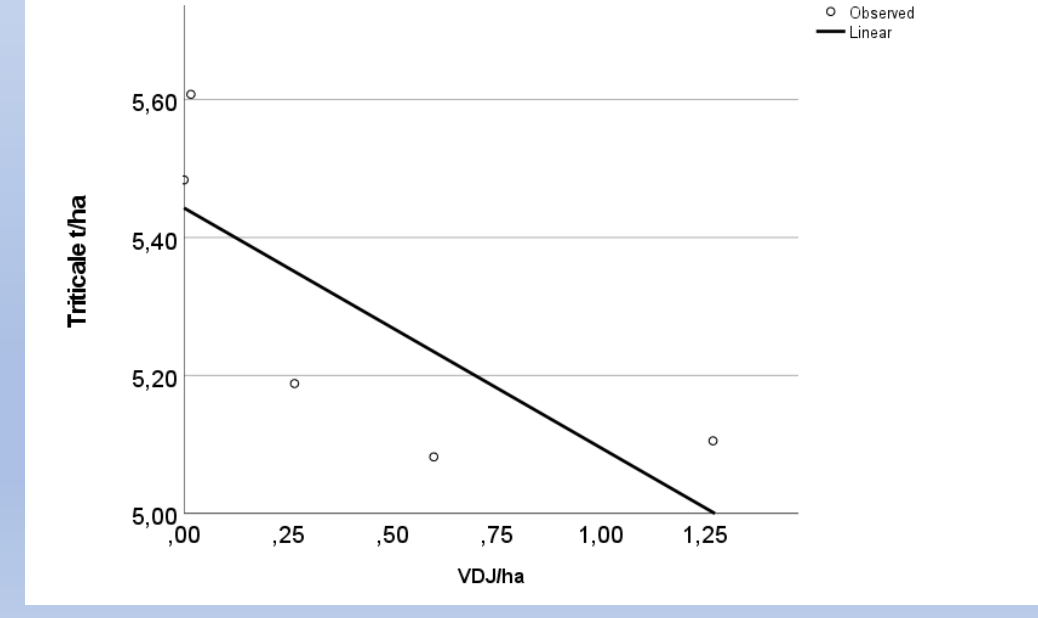
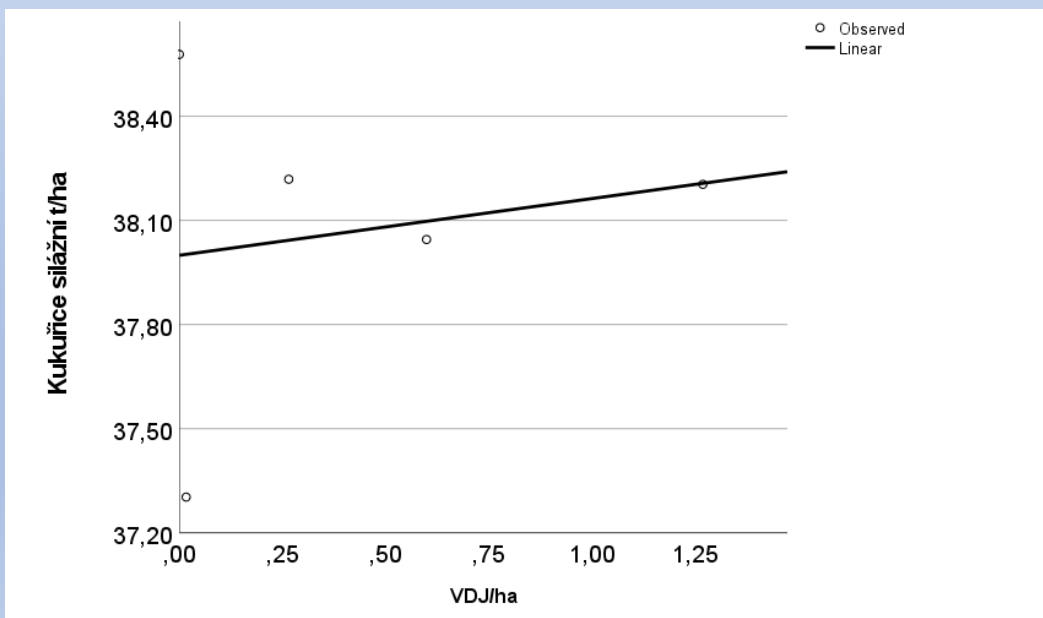
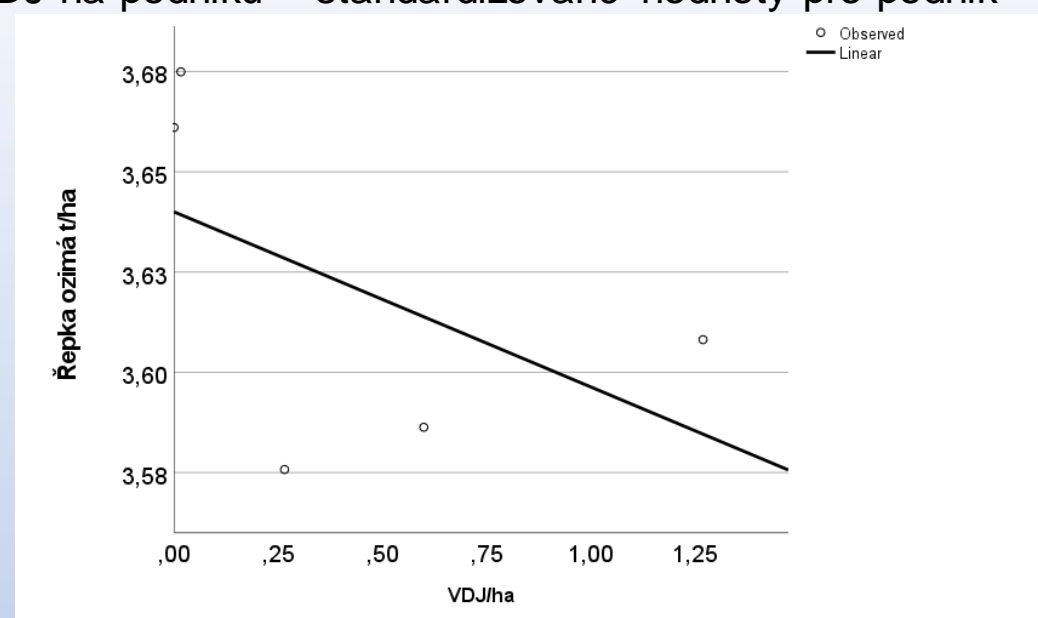
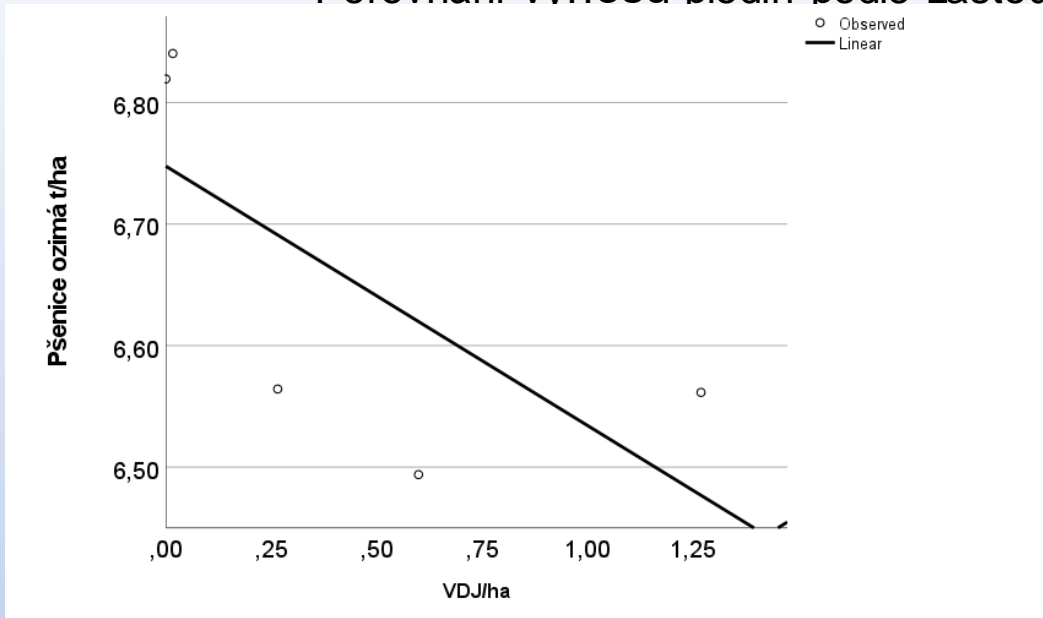
Hodnocení kompostáren

- V případě požadavku na zastoupení vyššího procenta organické hmoty ve výši 40% ze 2 t/ha již vzniká s aktuálním stavem výroby kompostu nedostatek organické hmoty přibližně na třetině území ČR, pokud by byla využita maximální projektovaná kapacita kompostáren, potom vzniká nedostatek na přibližně jedné čtvrtině území ČR.
- V případě potřeby pokrytí území ze 100% kvalitní organickou hmotou již vzniká nedostatek kvalitní OH na téměř celém území.

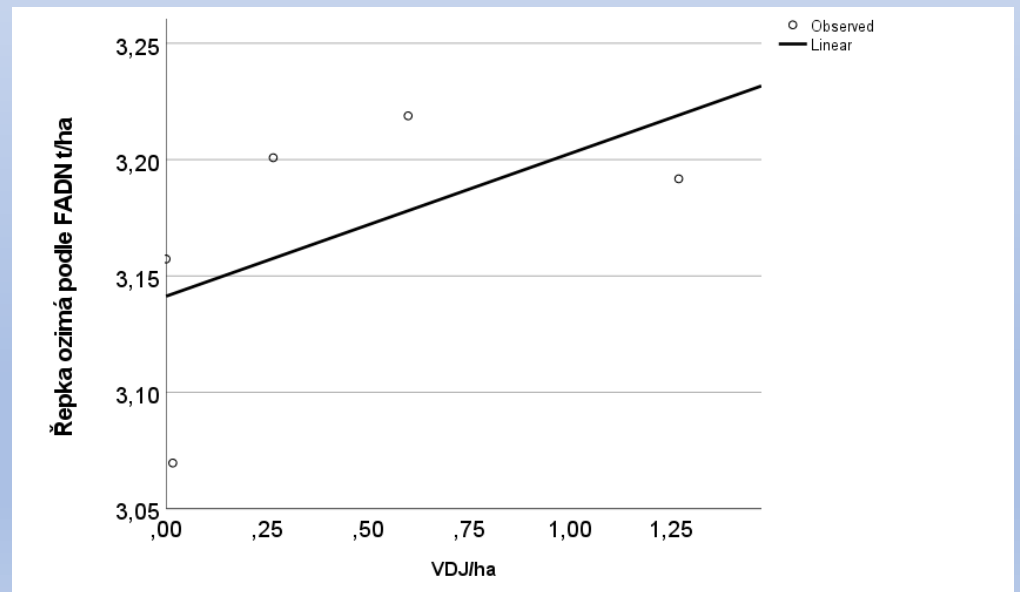
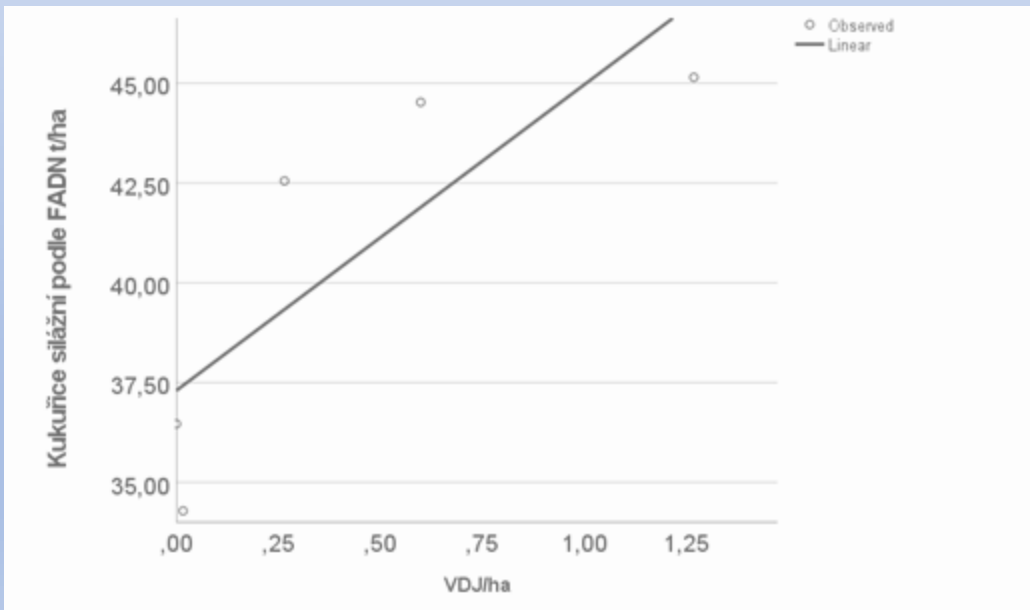
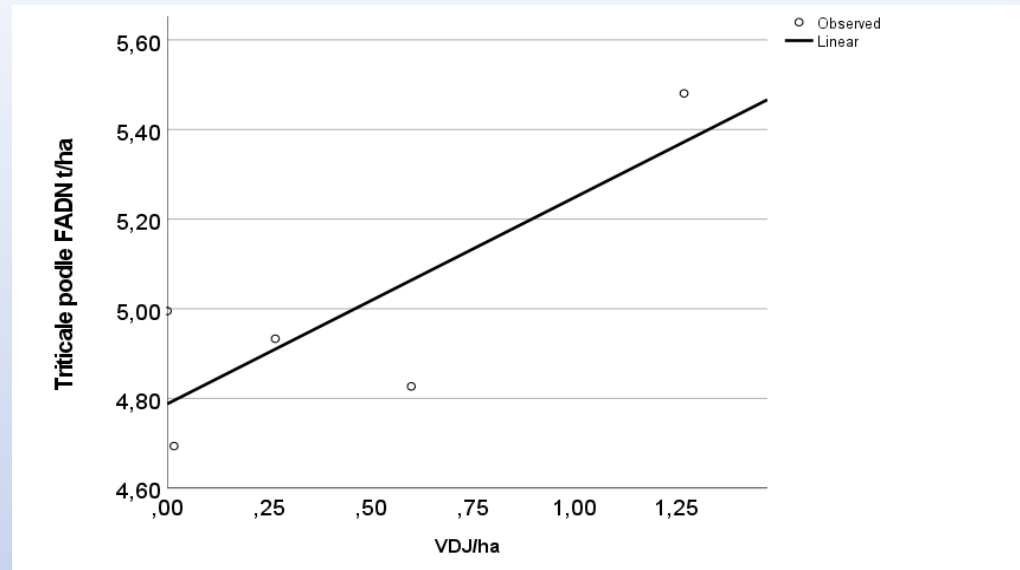
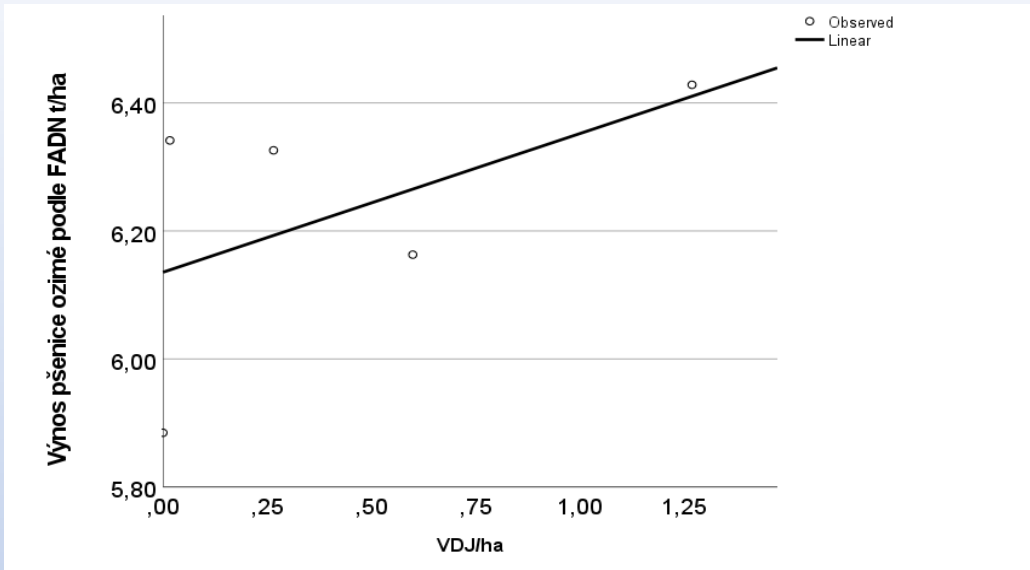
Kompostárny

- navrhujeme podpořit lokální kompostárny přímo na zemědělských podnicích, které by minimalizovaly potřebu přejezdů s materiálem.
- rozhodnutí mezi variantou zakládání kompostáren a zkvalitněním péče o organickou hmotu přímo na pozemku je nutno doložit bilančně a ekonomicky. V případě péče o organickou hmotu na pozemku vzniká potenciálně vyšší procento spálení organické hmoty bakteriemi s následnou tvorbou CO₂, avšak jsou minimalizované potřeby přejezdů.
- Pro tvorbu kompostáren musí být doložen zisk ve formě dodatečné kvalitní organické hmoty oproti zvýšeným nákladům na dopravu.

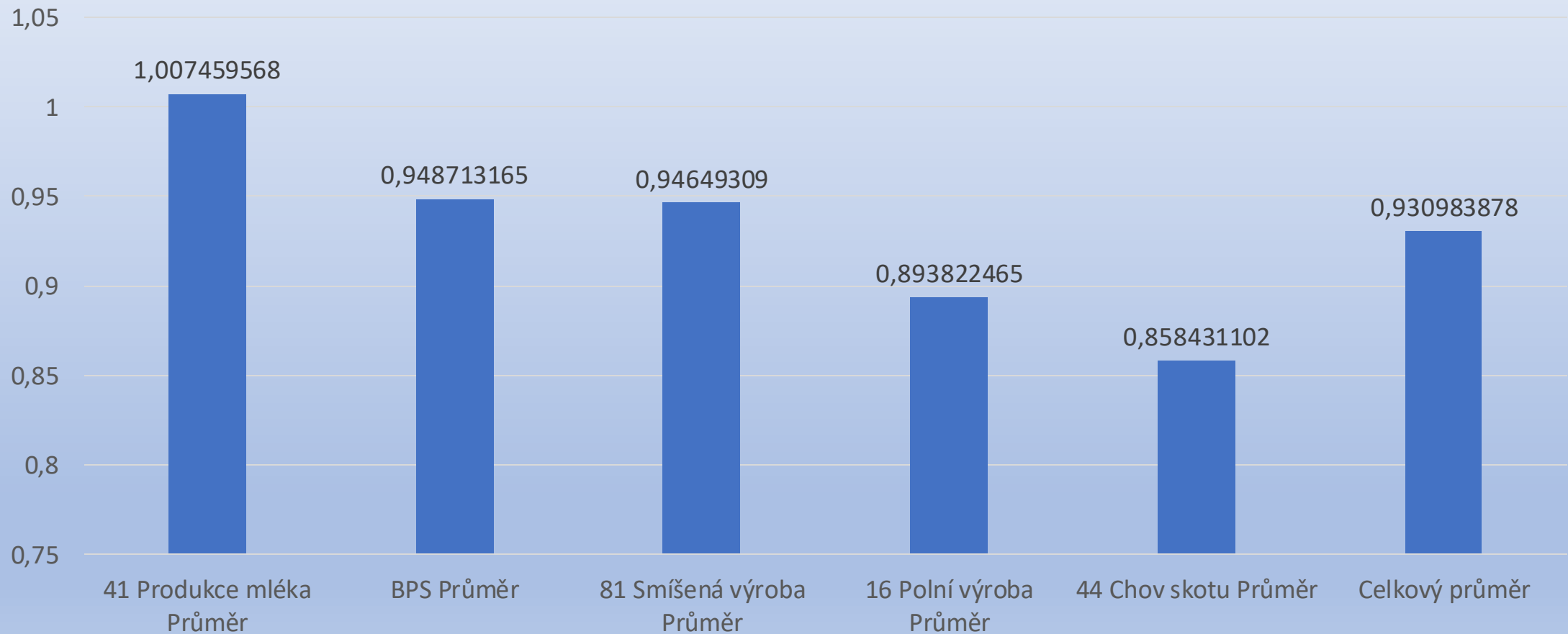
Porovnání výnosů plodin podle zastoupení VDJ na podniku – standardizované hodnoty pro podnik



Porovnání výnosů plodin podle zastoupení VDJ na podniku – reálné výsledky na podniku



Celkové porovnání výnosů podle výrobního zaměření na podnicích FADN – poměr ke standardizovanému výnosu



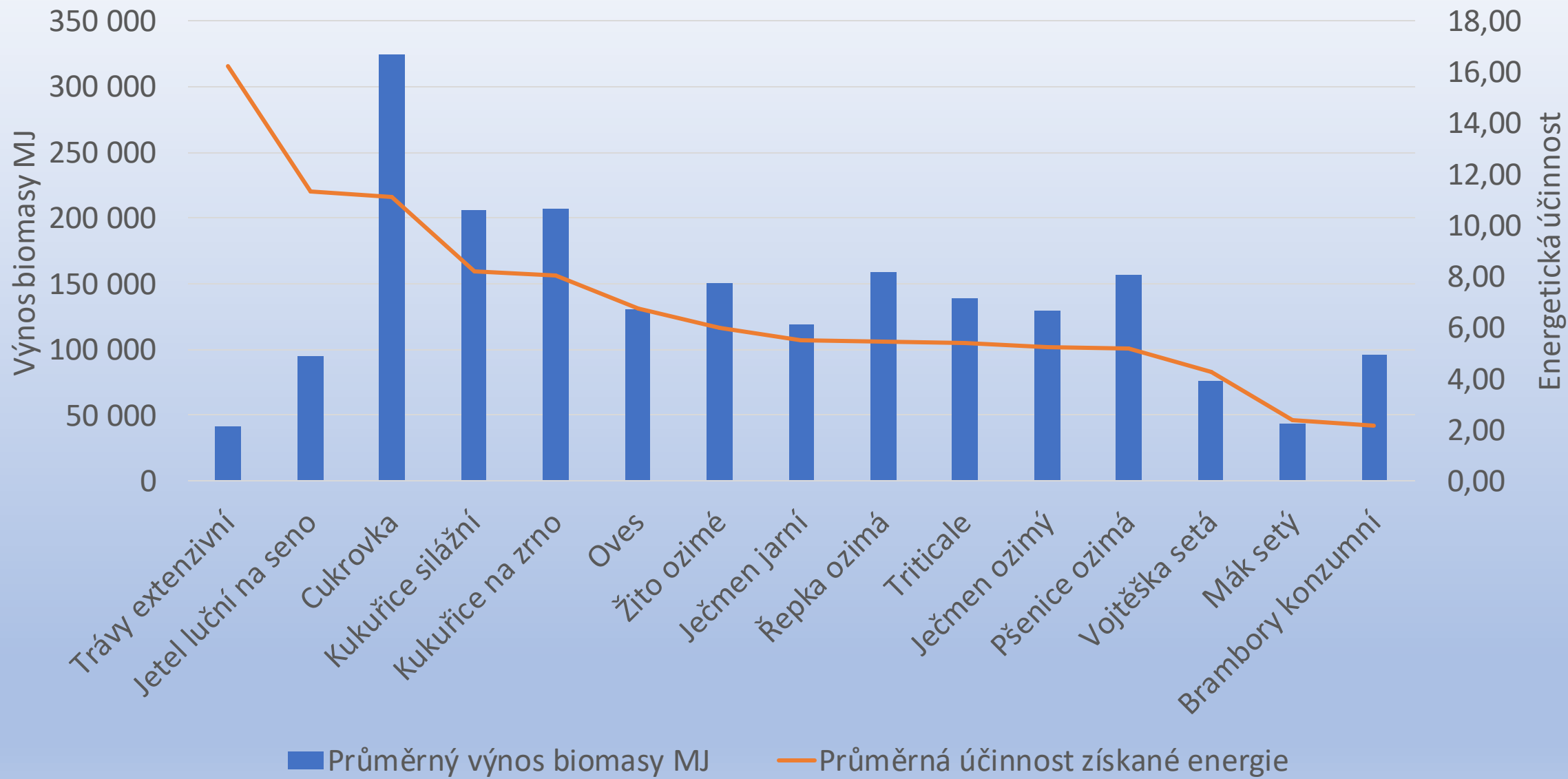
Hodnocení živočišné výroby

- FADN: u podniků nehosподаřících s použitím hnojiv živočišného původu klesá výnos plodin v průměru až o 11% (polní výroba).
- Pokud bychom počítali s průměrnou cenou produkce na hektar 35 135 Kč , potom při výměře 2 451 057 ha orné půdy vychází roční rozdíl produkce mezi půdou hnojenou hnojem a půdou pouze s polní výrobou ve výši 9 662 342 553 Kč.
- Z hodnocení emisních parametrů výroby, bilance energie i ekonomických výsledků při zvýšení výnosů vyplývá, že zařazení živočišné výroby do produkce ve větším zastoupení přináší řadu benefitů. K dořešení tohoto úkolu by bylo zapotřebí se zabývat do hloubky emisní bilancí samotné ŽV v porovnání s emisemi CO₂ při spalování zbytkové organické hmoty půdními bakteriemi i vyšší zátěží CO₂ při produkci tržních plodin rostlinné výroby oproti plodinám pro živočišnou produkci, včetně vyšší ekologické hodnoty hnojení hnojem oproti minerálním hnojivům a úspoře prostředků chemické ochrany rostlin.

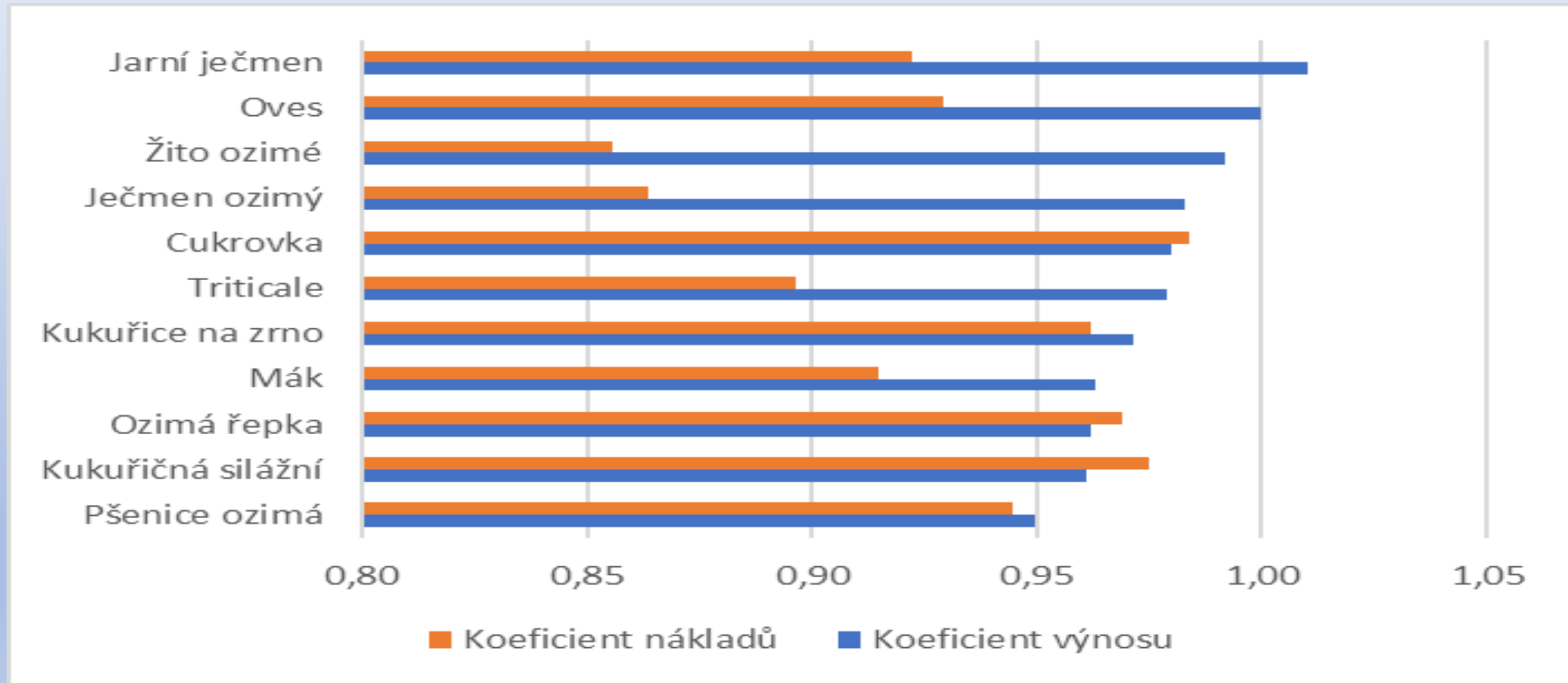
Hodnocení ekonomických a energetických dopadů pěstování vybraných plodin

| Název plodiny | Výměra plodiny | HRRE | Průměrný výnos biomasy MJ | Průměrná účinnost získané energie |
|-------------------------------|----------------|---------|---------------------------|-----------------------------------|
| Trávy extenzivní na orné půdě | 43 053 | -83 | 41 283 | 16,23 |
| Jetel luční na seno | 71 482 | -1 868 | 95 053 | 11,35 |
| Cukrovka | 61 793 | 19 786 | 324 379 | 11,09 |
| Kukuřice silážní | 307 086 | -1 615 | 205 967 | 8,20 |
| Kukuřice na zrno | 307 086 | 12 509 | 206 884 | 8,05 |
| Oves | 40 081 | 5 457 | 130 547 | 6,74 |
| Žito ozimé | 32 284 | 8 497 | 150 133 | 5,99 |
| Ječmen jarní | 214 340 | 4 077 | 118 991 | 5,49 |
| Řepka ozimá | 385 709 | 2 957 | 158 547 | 5,44 |
| Triticale | 34 117 | 181 | 138 562 | 5,37 |
| Ječmen ozimý | 103 891 | 1 360 | 129 055 | 5,22 |
| Pšenice ozimá | 774 667 | 888 | 156 638 | 5,16 |
| Vojtěška setá | 71 932 | -13 375 | 75 950 | 4,28 |
| Mák setý | 34 336 | 17 017 | 43 083 | 2,37 |

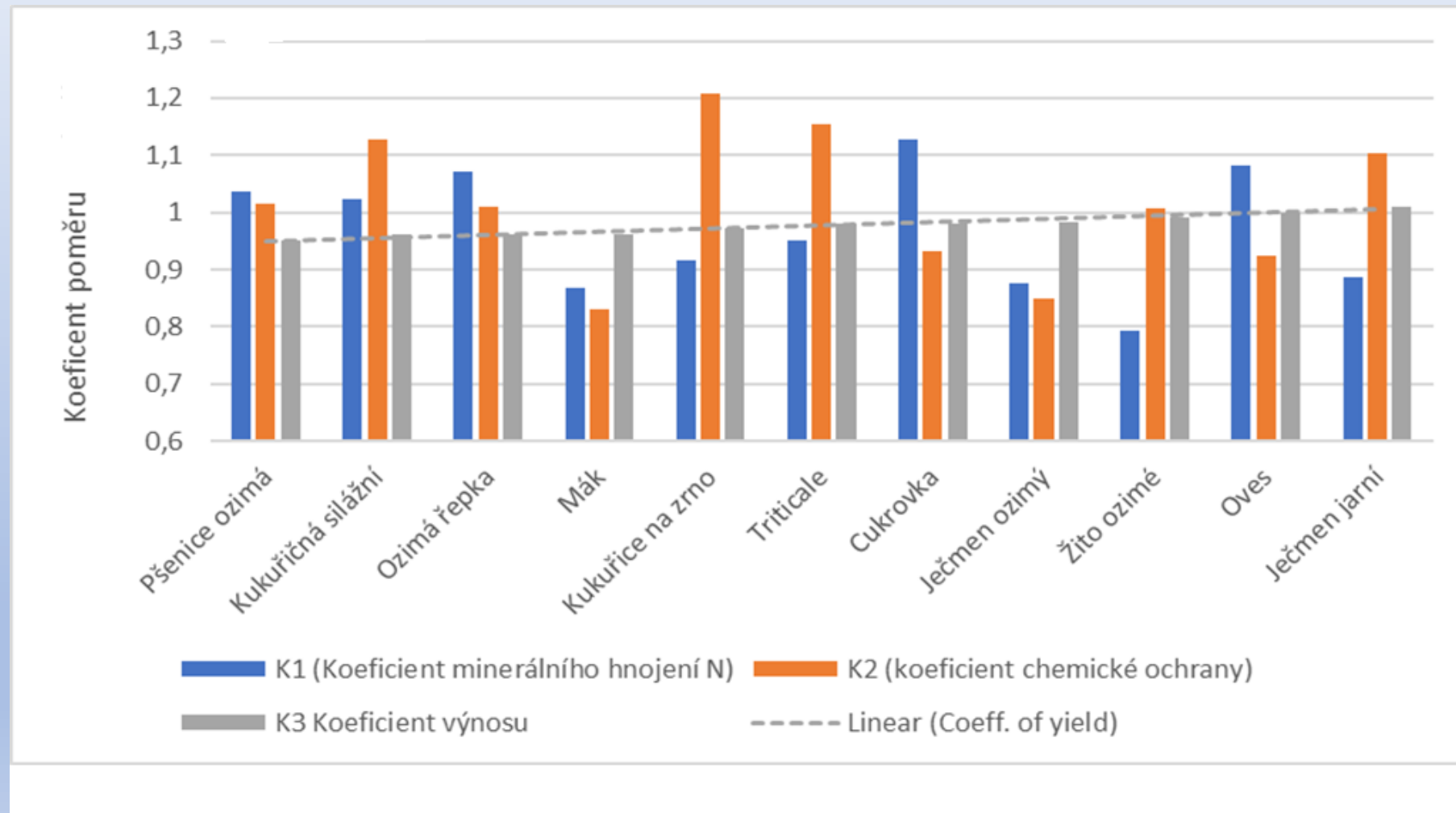
Účinnost tvorby a výnos biomasy



Dopady redukované technologie zpracování půdy na výnosy a chemickou ochranu



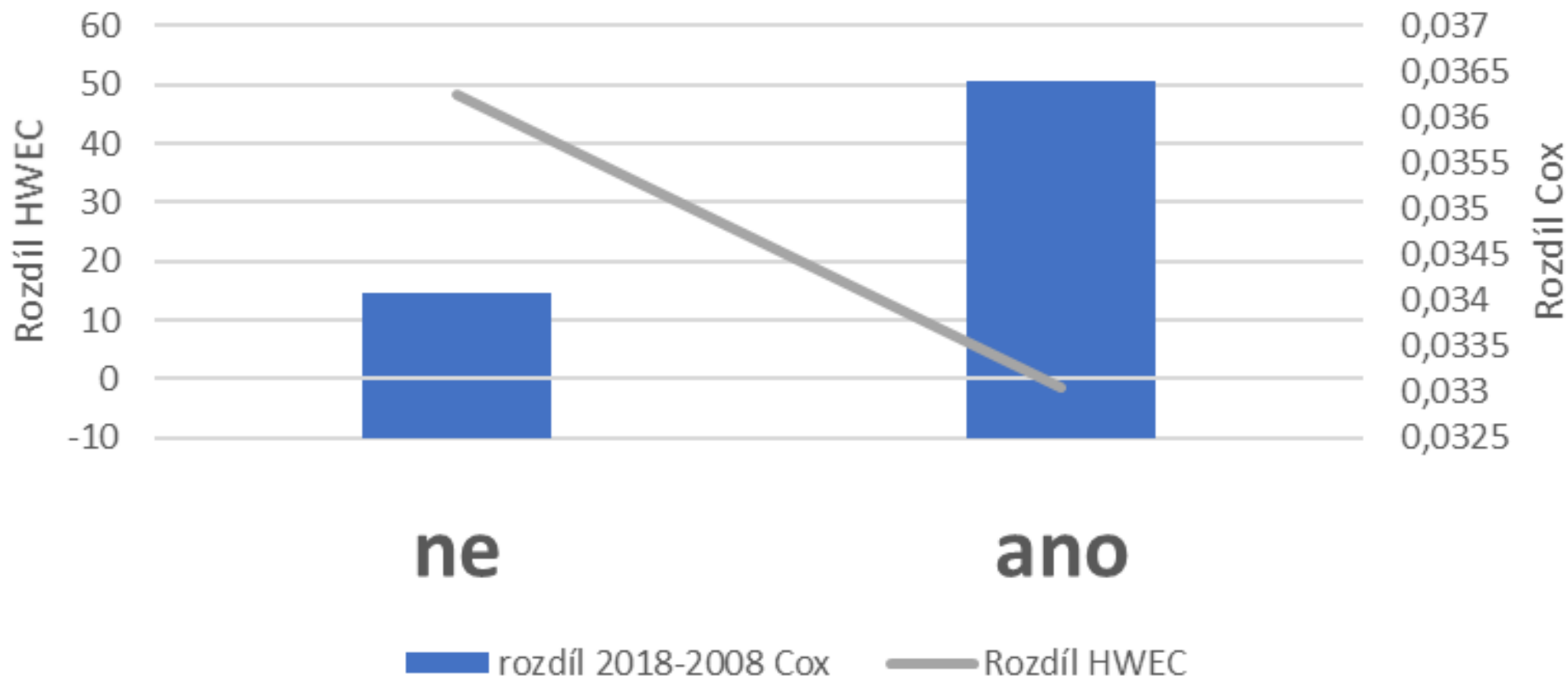
Poměr hnojení, chemické ochrany a výnosu mezi redukováným zpracováním půdy a orbou



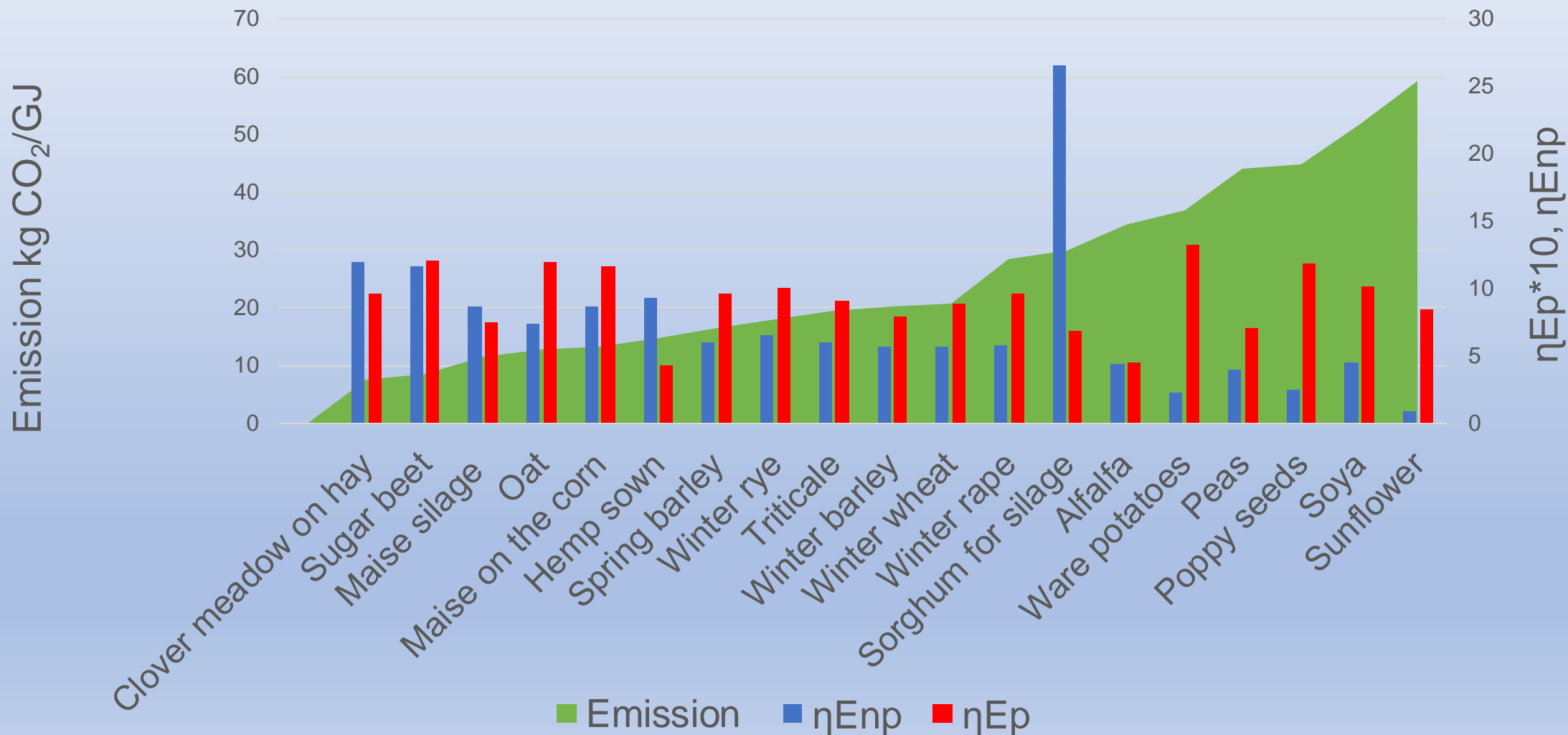
Vliv počtu oreb na penetrometrický odpor, vlhkost a intenzitu ochrany rostlin

| | Výnos plodiny | Penetrometrický odpor v ornici | Penetrometrický odpor v podorničí | Vlhkost v ornici | Intenzita chemické ochrany |
|----------------------------|---------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------|----------------------------|
| Pearson Correlation | 0.100 ** | -0.050 ** | -0.160 ** | -0.095 ** | 0.093 ** |
| Sig. (2-tailed) | 0.0000 | 0.0090 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 |
| N | 3200 | 2681 | 2681 | 2681 | 3200 |

Porovnání vlivu orby na HWEC a Cox. Pozemky hnojené digestátem



Účinnost energie, poměr výnosů a nákladů a emise CO₂



Závěry

- Ukládání uhlíku do půdy závisí především na zrnitosti půdy. V písčitéch a jílovitých půdách se uhlík ukládá nejhůře
- Intenzifikace zejména minerálním hnojením a špatný stav půdy jak podle pH tak expertního hodnocení ukládání uhlíku zpomalují
- Digestát naplňuje půdu organickou hmotou v krátkém čase (HWEC), v dlouhodobém horizontu nemá na nárůst Cox vliv
- Na Cox má největší vliv ze sledovaných parametrů HWEC a hnojení statkovými hnojivy ze živočišné produkce
- Odvoz slámy z pozemku při pěstování převážně obilovin bez statkových hnojiv živočišného původu vede k poklesu Cox

Závěry

- Z hlediska zajištění organické hmoty 2 t ročně jsou v ČR převážně dostatečné dispozice výroby slámy a rostlinných zbytků. Pro zajištění přívodu kvalitní organické hmoty do půdy ve výši 40% je však potřeba zajistit ještě cca 380 tis. tun kvalitního kompostu nebo chlévského hnoje
- Kvalitní organická hmota v půdě vede podle provozních výsledků zemědělských podniků k nárůstu výnosů, snížení spotřeby průmyslových hnojiv a prostředků chemické ochrany rostlin.
- Zajištění dodatečné biomasy je ekonomicky nejvýhodnější u cukrové řepy a kukuřice, které mají nejvyšší výnos a velmi dobrou účinnost vnesené energie. Z hlediska účinnosti je nejvýhodnější TTP a jetel na seno, ovšem s malou produkcí biomasy.
- Redukované zpracování půdy vede ke snížení nákladů i emisí CO₂ při výrobě, většinou způsobuje pokles výnosu a zvýšení intenzity chemické ochrany.

Závěry

- Je nutná další optimalizace přívodu organické hmoty do půdy. V případě kompostáren preferujeme lokální kompostárny z důvodů přepravních nákladů a emisí a z důvodu garance kvality kompostu
- Zdroj biomasy je energeticky nejvýhodnější z TTP a jetele. Z hlediska energetických vstupů a objemu biomasy je však v absolutním porovnání nejvýhodnější kukuřice
- Pro posouzení vstupů kvalitní organické hmoty do půdy je nutno vyhodnotit ekonomiku provozu kompostáren, případně vyhodnotit možnosti navýšení počtu VDJ na hektar

Děkuji za pozornost

Voltr, Václav, Ladislav Menšík, Lukáš Hlisnikovský, Martin Hruška, Eduard Pokorný, and Lubica Pospíšilová. 2021. "The Soil Organic Matter in Connection with Soil Properties and Soil Inputs" *Agronomy* 11, no. 4: 779.

<https://doi.org/10.3390/agronomy11040779>

Voltr, Václav, Jana Wollnerová, Pavel Fuksa, and Martin Hruška. 2021. "Influence of Tillage on the Production Inputs, Outputs, Soil Compaction and GHG Emissions" *Agriculture* 11, no. 5: 456.

<https://doi.org/10.3390/agriculture11050456>

Voltr, Václav, Martin Hruška, and Luboš Nobilis. 2021. "Complex Valuation of Energy from Agricultural Crops including Local Conditions" *Energies* 14, no. 5: 1415. <https://doi.org/10.3390/en14051415>