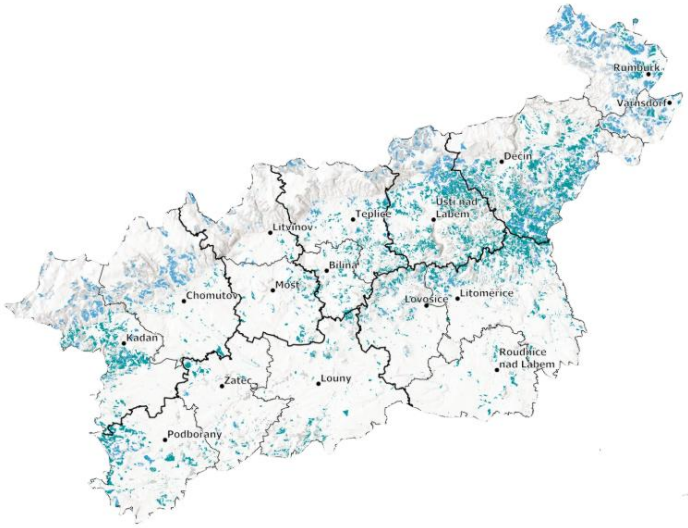
Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu

STANOVENÍ TEORETICKÉHO VÝNOSOVÉHO POTENCIÁLU FYTOMASY V ÚSTECKÉM KRAJI SE ZOHLEDNĚNÍM KLIMATICKÝCH ZMĚN



Hlavní autor: Ing. Roman Honzík

CARC - Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i.,

stanice v Chomutově, tým technologie udržitelného zemědělství a obnovy krajiny

Editor a koordinátor: ECUK – Energetické centrum Ústeckého kraje, p.o.

Spoluautor: tým ECUK – Energetické centrum Ústeckého kraje, p.o.

Realizováno v rámci projektu Transformační centrum Ústeckého kraje č. CZ.10.02.01/00/22_002/0000053
spolufinancovaného z Operačního programu Spravedlivá transformace

Spolufinancováno Evropskou unií

Ministerstvo životního prostředí

Transformační centrum Ústeckého kraje

Poznámka k autorství

Studie byla zpracována v rámci projektu TCUK – Transformační centrum Ústeckého kraje č. CZ.10.02.01/00/22_002/0000053 spolufinancovaného z Operačního programu Spravedlivá transformace 2021-2027 na objednávku a pod koordinací Eenergetického centra Ústeckého kraje, p.o. Většinová část studie byla vypracována Ing. Romanem Honzíkem z ústavu CARC (Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu, v.v.i.), který je hlavním autorem publikace. Tým ECUK zajišťoval celkovou koordinaci projektu jako zadavatel a je autorem podkapitoly „Princip fungování bioplynových stanic“, „Rozdělení bioplynových stanic podle zákona o odpadech“, „Přínosy bioplynových stanic pro region“ a „Přílohy č.2: Postup zpracování dat v ArcGIS Pro“. Všichni uvedení autoři a spoluautoři souhlasí s publikováním studie v této podobě.

Abstrakt

Studie se zaměřuje na stanovení teoretického výnosového potenciálu fytomasy v Ústeckém kraji se zohledněním současných klimatických změn na základě nově zatříděných klimatických regionů a upravených výnosových koeficientů hlavních půdních jednotek. Metodika vychází z bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) a zahrnuje hodnocení tradičních zemědělských produktů i cíleně pěstovaných energetických plodin včetně chrastice rákosovité, mužáku prorostlého, ozdobnice čínské, čiroku a konopí setého. Pro vizualizaci a analýzu dat byly využity GIS technologie s vytvořením interaktivní aplikace v ArcGIS Pro.

Výsledky studie poskytují podklady pro rozhodování o energetickém využití biomasy v rámci transformace Ústeckého kraje v souladu s programem Spravedlivá transformace.

Klíčová slova

Biomasa, energetická fytomasa, potenciál biomasy, Ústecký kraj

OBSAH

Úvod 1

Kategorizace zemědělské půdy podle půdních a klimatických podmínek 3

Potenciál zemědělských produktů a cíleně pěstované biomasy pro energetické využití 4

Nové kategorie BPEJ zahrnující antropogenní půdy 5

Zastoupení rekultivovaných ploch v Ústeckém kraji 6

Aktualizace klimatických regionů 9

Původní určení klimatických regionů 9

Nové určení klimatických regionů 9

SWOT analýza produkce energetické fytomasy 15

Příklady dobré zemědělské praxe 16

Spalování fytomasy 16

Produkce bioplynu 16

Pěstování plodin k energetickému využití 20

Chrastice rákosovitá (Phalaris arundinacea) 20

Mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum* L.) 24

Ozdobnice čínská (Miscanthus sinensis N. J. Andersson) 26

Čirok *Sorghum* adams 28

Konopí seté (Cannabis sativa L.) 30

Literatura 33

Závěr 34

Seznam použitých tabulek a obrázků 35

Přílohy 36

Příloha č.1: Body výnosovosti pro klimatické regiony (KR) a hlavní půdní jednotky (HPJ) Ústeckého kraje - tabulka redukčních koeficientů 36

Příloha č.2: Postup zpracování dat v ArcGIS Pro 38

ÚVOD

S klimatickou změnou se vyskytují častěji oblasti s deficitem srážek a v posledních deseti letech se zvyšuje riziko mimořádného sucha. Výkyvy srážek v posledních letech a stále rostoucí průměrná teplota vzduchu v ČR a s tím spojený vyšší výpar vody nutí k transformaci osevního sledu se zapojením netradičních plodin a zvyšování vodní retence půdy a její kvality. Tato problematika se týká i Ústeckého kraje, především jeho západní a jižní části. Sem spadá rovněž oblast rekultivací táhnoucí se od Kadaně přes Most, Teplice až po Ústí nad Labem. Zpracovaná studie se týká vyhodnocení teoretického výnosového potenciálu produkované fytomasy na zemědělských půdách a rekultivovaných plochách Ústeckého kraje podle nově zatříděných klimatických regionů a upravených výnosových koeficientů hlavních půdních jednotek.

Hodnocenou fytomasou v projektu rozumíme cíleně pěstované plodiny a jejich oddělené části s původem v zemědělské výrobě, které jsou primárně určeny k výživě lidí a zvířat, jejichž jinak nevyužitelné části slouží k energetické konverzi a neprošly technologickou úpravou. Další kategorií ve studii hodnocené fytomasy jsou cíleně pěstované netradiční plodiny, které jsou také energeticky využívány.

Rostliny bylinného charakteru, pěstované pro získávání energie, lze rozdělit na několik skupin. Z praktického hlediska se tyto rostliny dělí na jednoleté a víceleté či vytrvalé. Dále lze tyto rostliny členit podle botanického zařazení, např. na „energetické“ obiloviny, traviny a celou další velkou skupinu rostlin dvouděložných. Do této skupiny se pak řadí zpravidla netradiční rostliny silného vzrůstu, z nichž některé byly dříve pěstovány jako plodiny zemědělské, nebo se jedná o rostliny okrasné, nebo i planě rostoucí. Hlavním kritériem jsou vysoké výnosy nadzemní hmoty. Energetické byliny mají oproti dřevinám určitou výhodu v levnějším způsobu zakládání, neboť se vysévají, kromě některých druhů jež jsou možné množit také vegetativně, podobně jako dřeviny. Další výhodou bylin je možnost okamžité změny kultury, v případě náhlé zvýšené potřeby potravinářské výroby.

Pozornost je věnována jednak vysoce vzrůstným krmným plodinám, nebo dalším netradičním robustním rostlinám, včetně některých rostlin okrasných, které vytváří velké množství nadzemní hmoty. Pro přímé spalování jsou efektivní rostliny, které dosahují výnosu kolem 10 t suché hmoty z 1 ha. Výzkum energetických bylin, který se dříve zaměřoval na jednoleté rostliny, mění postupně směr zájmu především k rostlinám víceletým a zejména vytrvalým. Na základě výsledků z pokusů v CARC Národní centrum zemědělského a potravinářského výzkumu dříve VÚRV (Výzkumný ústav rostlinné výroby) byly v minulosti vybrány perspektivní druhy energetických bylin.

Plodina / termín sklizně	Výhřevnost	Vlhkost	Výnos [t/ha]		
	[MJ/kg]	[%]	in.	prům.	opt.
Sláma obilovin (VII-X)	14	15		4	5
Sláma řepková (VII)	13,5	17-18		5	6
Energetická fytomasa – orná půda (X-XI)	14,5	18		20	25
Energetické seno – zemědělská půda (VI-IX)	12	15		5	8
Energetické seno – horské louky (VI-IX)	12	15		3	4
Energetické seno – ostatní půda (VI-IX)	12	15		3	4
Jednoleté rostliny – antropogenní půda (X-XI)	14,5	18	5	17,5	20
Energetické rostliny – antropogenní půda (X-XII)	15	18	5	20	25

Tabulka č. 1: Energetická výtěžnost a příklady výnosů do kalkulace započítaných druhů energetické fytomasy

Plodina	Termín setí	Výsevek [kg/ha]	Šířka řádků [cm]	Výnos suché hmoty [t/ha]	Spalné teplo (s popelovinami) [GJ/t]
Čirok obecný Sorghum bicolor (L.) Moench	květen	20	25	7	17,633
Hyso (kříženec) Sorghum x Sorghum sudanense	začátek května	24-30	25-30	10,6	17,657
Katrán přímořský Krambe Crambe maritima L.	duben	20	25	Zrno 2,09 sláma 2,11	
Konopí seté Cannabis sativa L.	květen	100 15-130	12,5	8,85-10,5	18,06
Koriandr setý Koriandrum sativum L.	duben	20	25	3	
Laskavec kříženec Sterch. Amaranthus chlorostachys Willd.	duben	0,5-1	50	7	
Lnička jarní Camelina sativa (L.) Crantz.	březen	10	12,5	Zrno 1,8 sláma 2,59	
Lnička ozimá Camelina sativa (L.) Crantz.	konec srpna	10	12,5	Zrno1,8 sláma 3,52	
Proso seté Panicum miliaceum L.	začátek května	20-80	25-30	zrno 2 sláma 4	
Slunečnice setá Helianthus annus L.	březen-duben	24-30	25-30	8,3	16,7 (výhřevnost)
Sudánská tráva Sorghum sudanense (Piper) Staf in Prain	začátek května	24-30	25-30	7	
Světlice barvířská Saflor Carthamnus tinctorius L.	březen	20-25	25	Zrno 2,59 sláma 4,91	
Jestřabina východní Galega orientalis Lam.	duben	20-30	50	6	
Mužák prorostlý Silphium perfoliatum L.	duben	15	50	9	
Sléz kadeřavý Malva crispa L.	duben	5	50	5	
Miscanthus sinensis gigantea	květen	oddělky	50	9	17,-17,5 (výhřevnost)
Sléz meljuka Malva meluca Graebn	duben	5	50	5	
Šťovík krmný, Rumex patientia L. x R. tianshanicus	duben	6	50	7	

Tabulka č. 2: Příklady testovaných jednoletých a vytrvalých plodin vhodných pro energetickou konverzi

KATEGORIZACE ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY PODLE PŮDNÍCH A KLIMATICKÝCH PODMÍNEK

Pro zařazení zemědělských ploch dle výnosových kategorií je využíván postup stanovení výnosovosti zemědělských půd jako ekonomických kategorií hodnocení půdního fondu. Stanovení výnosnosti zemědělských půd vychází z integrace dlouhodobých informací o zemědělském půdním fondu prostřednictvím bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ).

Soustava BPEJ představuje charakteristické kombinace základních, v dlouhodobém časovém horizontu stabilních vlastností určitých úseků zemědělského území, které jsou vzájemně odlišné a poskytují i rozdílné produkční a ekonomické efekty. Pro indikaci produkční schopnosti půdy byly užity výnosy hlavních zemědělských plodin pěstovaných v ČR (obiloviny, kukuřice, cukrovka, brambory, řepka, krmné plodiny, travní porosty).

Výnosy hlavních zemědělských plodin, včetně travních porostů, byly vyjádřeny pro BPEJ vhodné pro jejich pěstování na základě výsledků dlouhodobého sledování vlivu půdně-klimatických podmínek na výnosy plodin. Údaje o dlouhodobých výnosech pro dané půdně-klimatické podmínky byly poskytnuty specializovanými výzkumnými pracovišti rostlinné výroby. Zároveň byly stanoveny a uplatněny koeficienty snížení těchto základních výnosů pro případ extrémně kamenitých půd, pro svahy a jejich expozici k jihu v teplých, suchých regionech a k severu v chladných, vlhkých regionech. Podíl jednotlivých plodin ve struktuře plodin pro jednotlivé skupiny BPEJ odpovídá optimálním agroekologickým zásadám (tj. např. nepřipouští pěstovat několik let po sobě brambory na jednom pozemku, cukrovka je zastoupena v řepařské oblasti, brambory v bramborářské, na mělkých půdách v horské oblasti i v zamokřených těžkých půdách jsou výhradně trávy a podobně).

POTENCIÁL ZEMĚDĚLSKÝCH PRODUKTŮ A CÍLENĚ PĚSTOVANÉ BIOMASY PRO ENERGETICKÉ VYUŽITÍ

Celkové rozpětí hrubého ročního rentního efektu (od –2500 Kč do +10750 Kč) je základem pro stanovení bodové (indexní) hodnoty zemědělské půdy. To znamená převedení tohoto rozpětí do stobodové stupnice. Bodová hodnota půdy je vyjádřena indexem od 6 do 100 bodů.

Nejnižší hodnotu 6 bodů má travní porost v chladném, vlhkém klimatickém regionu s průměrnou roční teplotou pod 5°C, v hlubokých stržích s velmi příkrými svahy nad 30 %, kde je půda nevhodná pro zemědělskou výrobu a měla by být zalesněna.

Nejvyšší hodnotu 100 bodů má černozem na spraši, středně těžká, hluboká více než 60 cm, s příznivým vodním režimem, v teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu s průměrnou roční teplotou 8-9°C, na úplné rovině bez možnosti plošné vodní eroze. Jsou to půdy vhodné pro pěstování intenzivních tržních plodin, cukrovky, zeleniny.

Na základě výše uvedených skutečností byly každé BPEJ přiděleny body výnosovosti. V následující tabulce č. 3 jsou uvedeny plodiny vybrané pro výpočet teoretického výnosového potenciálu Ústeckého kraje ve třech výnosových hladinách pro nejvyšší hladinu výnosovosti 100 bodů.

Plodina ve výnosovosti (100 bodů)	**min. t/ha**	**prům. t/ha**	**max. t/ha**	**výhřevnost MJ/kg**
Sláma obilovin	3	4	5	14
Sláma řepková	4	5	6	13,5
Energetické seno extenzivní	2	3	4	12
Konopí seté *Cannabis sativa* L.	8	10	12	14,5
Čirok obecný *Sorghum bicolor* (L.) MOENCH	12	14	15	15
Mužák prorostlý *Silphium perfoliatum* L.	12	15	17	16,5
Ozdobnice obrovská *Miscanthus sinensis giganteus*	12	14	16	17

Tabulka č. 3: Výnosy plodin pro nejvyšší hodnotu výnosovosti ve třech výnosových hladinách

NOVÉ KATEGORIE BPEJ ZAHRNUJÍCÍ ANTROPOGENNÍ PŮDY

V publikaci Středová a kol. (2024) jsou uvedeny důvody doplnění nových hlavních půdních jednotek HPJ. Dlouhodobý výzkum zabývající se studiem půdních podmínek a jejich změnami zejména vlivem eroze a rekultivace vyvrcholil v roce 2024 novelizací Vyhlášky č. 227/2018 Sb. v nové vyhlášce č. 33/2024 Sb. V této vyhlášce je seznam HPJ rozšířen o skupiny půd koluvizemí (HPJ 79–81).

Jedná se o půdy vznikající akumulací erozních sedimentů ve spodních částech svahů, konkávních prvcích svahů a terénních průlezích a i přes některé odlišné půdní vlastnosti související se způsobem jejich vzniku je původní systém přiřazoval k HPJ skupiny nivních půd - fluvizemí. Po aktualizaci výčtu HPJ jsou tyto půdy definovány prostřednictvím následujících kódů HPJ:

79 Koluvizemě arenické, koluvizemě arenické karbonátové vzniklé uložením lehkých oderodovaných zemin o mocnosti > 0,5 m, lehké, bezskeletovité nebo s příměsí hrubého písku (grus), ojediněle slabě skeletovité, vláhové poměry málo příznivé, sklon k vysýchavosti.

80 Koluvizemě modální, koluvizemě modální karbonátové, koluvizemě modální slabě oglejené vzniklé uložením lehčích středních a středně těžkých oderodovaných zemin o mocnosti > 0,5 m, lehčí středně těžké až středně těžké, bez skeletu až slabě skeletovité, příznivý vodní režim.

81 Koluvizemě pelické, koluvizemě pelické karbonátové, koluvizemě oglejené vzniklé uložením těžkých oderodovaných zemin o mocnosti > 0,5 m, těžké až velmi těžké, bez skeletu až slabě skeletovité, zhoršený vodní režim, možnost periodického převlhčování.

Další kategorií doplňující stávající kategorie hlavních půdních jednotek ve vyhlášce č. 33/2024 Sb. jsou antropozemě (HPJ 82–89). Tato skupina půd je charakterizována nikoliv způsobem rekultivace, ale určením genetického půdního typu, zrnitostního rázu antropogenního půdního profilu a mocností humózní vrstvy vytvořené antropozemě. HPJ této kategoe jsou definovány jako:

82 Antropozemě humózní, **antropozemě spolické**, včetně slabě oglejených variet, i karbonátové, s překryvem humózní zeminy do 0,3 m nad různým materiálem, lehčí středně těžké až středně těžké, s příměsí skeletu až středně skeletovité, vláhové poměry vcelku příznivé.

83 Antropozemě humózní, antropozemě spolické, antropozemě pelické, včetně slabě oglejených variet, i karbonátové, antropozemě oglejené s překryvem humózní zeminy do 0,3 m (do 0,4 m včetně přechodného horizontu) nad různým materiálem, těžké až velmi těžké, s příměsí skeletu až středně skeletovité, možnost lokálního převlhčení.

84 Antropozemě humózní, antropozemě překryté, i karbonátové s překryvem humózní zeminy do 0,3 m (do 0,4 m včetně přechodného horizontu) nad lehkým materiálem, středně těžké (lehčí středně těžké), níže lehké, s příměsí skeletu až středně skeletovité, ojediněle i silně skeletovité, výsušnější podle mocnosti překryvu.

85 Antropozemě hlubokohumózní, i karbonátové s překryvem humózní zeminy nad 0,3 m nad různým materiálem, lehčí středně těžké až středně těžké, bez skeletu až slabě skeletovité, vláhové poměry příznivé.

86 Antropozemě hlubokohumózní, i karbonátové s překryvem humózní zeminy nad 0,3 m nad různým materiálem, těžké až velmi těžké, bez skeletu až slabě skeletovité, periodicky převlhčené.

87 Antropozemě spolické, antropozemě oglejené, antropozemě glejové, antropozemě humózní, i karbonátové, slabě oglejené variety - katény půd s nerovností terénu, vláhové poměry na ploše variabilní, v poklesech podmáčení a stagnace vody, zrnitost různá, bez skeletu až středně skeletovité.

88 Antropozemě humózní, popřípadě hlubokohumózní, antropozemě urbické, antropozemě skeletovité, popřípadě překryté, redukované, sulfidické, kontaminované, intoxikované, i karbonátové, možnost oglejení, překryv humózní i nehumózní zeminou deponií městských odpadů, skládek, silně skeletovitých materiálů ze stavební činnosti, kontaminovaný až intoxikovaný materiál odkališť, městských kalů, odpady po těžbě rud, příměs antropogenního materiálu stírá znaky a sled horizontů původních HPJ, zrnitost různá (většinou středně těžká), bez skeletu až silně skeletovité, vláhové poměry variabilní.

89 Antropozemě glejové, se zrnitostí od lehké až po těžkou, která může být variabilní na ploše i v profilu, bez skeletu až silně skeletovité, půdní profil výrazně hydromorfně ovlivněn (4. - 5. stupeň), vláhové poměry velmi nepříznivé.“.

V aktuální metodice VOPRAVIL, J. a kol. (2021) Bonitace zemědělského půdního fondu, Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek chybí postupy hodnocení těchto erozí a antropogenní činností vzniklých půd. Proto v kategorizaci hlavních půdních jednotek dosud tyto půdní typy zahrnuty nejsou.

Zastoupení rekultivovaných ploch v Ústeckém kraji

Vzhledem, k tomu, že dosud nejsou nové kategorie BPEJ zahrnující koluvizemě a antropozemě využity pro definici rekultivovaných ploch, vycházím z Návrhu jednotné koncepce správy a následného využívání rekultivovaných území, který byl zpracován jako výsledek jednáním předsedy vlády s představiteli Hospodářské a sociální rady Ústeckého kraje a zástupkyní zmocněnce vlády pro řešení problémů spojených s revitalizací Moravskoslezského, Ústeckého a Karlovarského kraje ze dne 11. 1. 2016 ve věci odstranění ekologických škod vzniklých před privatizací hnědouhelných společností v Ústeckém a Karlovarském kraji podle UV č. 272/2002 a následného využití rekultivovaných území.

Na území Ústeckého kraje se nachází šest oblastí, ve kterých došlo nebo dochází k těžbě hnědého uhlí a následné úpravě vzniklých škod na krajině pomocí rekultivace. Jsou to:

1. oblast Chabařovicko **2.** oblast Ležáky-Most
3. oblast SevEn **4.** oblast VUAS
5. oblast DNT **6.** oblast DB

Ve výše uvedeném návrhu využití jsou sumarizovány rekultivační práce s ukončením v roce 2060. V **oblasti Chabařovicko,** kde byla ukončena těžba před rokem 2000, se v roce 2060 počítá s ukončením zemědělské rekultivace na území 1 269 ha (zde se počítá především se zatravněním v okolí jezera), lesnické na výměře 1 150 ha, hydrické na výměře 308 ha a ostatní výměra má dosáhnout 295 ha. Celková výměr a rekultivované plochy v této oblasti činí 3 022 ha.

Oblast Ležáky-Most, kde byla těžba ukončena rovněž před rokem 2000 by měla být v roce 2060 ukončená rekultivace v následujícím složení: zemědělská rekultivace na 959 ha, lesnická 825 ha, hydrická 774 ha a ostatní 341 ha. Také zde se počítá v zemědělské rekultivaci především se zatravněním ploch kolem jezera Most. Celkem činí rekultivované území této lokality 2 899 ha.

Oblast SevEn (Severní energetická) těžba byla ukončena v roce 2024. Dále zde probíhají sanační a stabilizační práce. Zde se počítalo s částečným zatopením zbytkové jámy do kóty 180 m.n.m o výměře 668,48 ha zaplavování bude probíhat řekou Bílinou, potokem Loupnice a dalšími bezejmennými přítoky. Rozhodnutím Krajského úřadu Ústeckého kraje odboru životního prostředí ze dne 15. 02. 2024 byla schválena úprava způsobu zaplavování zbytkové jámy pouze vodou z vlastního povodí lomu ČSA a kvartérních důlních vod. Území nad provozní hladinou hydrické rekultivace je navrženo rekultivovat lesnickým a zemědělským typem, doplněným plochami ostatní rekultivace. Do roku 2060 se počítá s ukončením zemědělské rekultivace s výměrou 329 ha, lesnická rekultivace bude ukončena s výměrou 1 862 ha, hydrická rekultivace pak bude zaujímat 901 ha. Rekultivace ostatní pak zaujímá 1 704 ha. Celková výměra rekultivovaných ploch tohoto území činí 4 796 ha

Oblast VUAS (Vršanská uhelná), zde po vyuhlení má být zbytková jáma zaplavena na kótu 206 m n. m. a má zaujmout plochu 263,46 ha. Do roku 2060 pak dojde k vytvoření ploch se zastoupením zemědělské rekultivace o výměře 1 384 ha, lesnická rekultivace je zastoupena na výměře 1 980 ha, hydrická rekultivace má tvořit 382 ha a rekultivace ostatní tvoří 1 383 ha. Celková výměra rekultivovaných ploch v této oblasti činí 5 129 ha. Rovněž zde budou vytvářeny biotopy ponechané přirozené sukcesi.

Lokalita DNT (doly nástup Tušimice), rovněž v této lokalitě se počítá se zaplavením zbytkové jámy na kótu 275,2 m n. m. s výměrou 939,8 ha, kdy by podle některých studií mělo dojít ke spojení tohoto jezera s Nechranickou přehradou a po rekultivaci by zde měla vzniknout oblast sportovních, rekreačních a podnikatelských aktivit. Do roku 2060 jsou očekávány následující druhy rekultivovaných území. Zemědělské s výměrou 2 552 ha, lesnické 2 338 ha,

hydrické 1 068 ha a ostatní 456 ha. Celkem má být do roku 2060 rekultivováno na tomto území 6 414 ha post těžebních ploch.

Lokalita LB (lom Bílina) také zde je plánováno zatopení zbytkové jámy, kdy má na kótě 200 m n. m. vzniknout jezero o výměře 930,6 ha. Plánované rekultivace do roku 2060 mají být provedeny v následujícím rozsahu zemědělská 1 616 ha, lesnická o výměře 3 038 ha hydrická 1 105 ha a ostatní o výměře 1 168 ha. Celkem zde bude do roku 2060 rekultivováno 6 927 ha. V následující tabulce č. 4 jsou sumarizovány výměry plánovaných rekultivací dobývacích území do roku 2060.

Lokalita	Zemědělská (ha)	Lesnická (ha)	Hydrická (ha)	Ostatní (ha)	Celkem (ha)
Chabařovicko	1 269	1 150	308	295	3 022
Ležáky -Most	959	825	774	341	2 899
Severní energetická	329	1 862	901	1 704	4 796
Vršanská uhelná	1 384	1 980	382	1 383	5 129
Doly nástup Tušimice	2 552	2 338	1 068	456	6 414
Lom Bílina	1 616	3 038	1 105	1 168	6 927
Za území celkem	**8 109**	**11 193**	**4 538**	**5 347**	**29 187**

Tabulka č. 4: Výměry plánovaných rekultivací do roku 2060

Kromě bývalých a současných dobývacích prostorů hnědého uhlí, jsou v severočeském kraji rovněž i dobývací prostory ostatních surovin: čedičového kameniva v Úhošťanech a Měrunicích, bentonitu v Krásném Dvorečku a Českých Zlatnících, kaolínu v Hlubanech a Krásném Dvoře, dobývací prostory písku v Soběsukách, Roztylech, Počeradech a Vodochodech. To jsou pouze vybrané druhy v zájmové oblasti těžených surovin. Nejedná se o kompletní výčet ploch ani způsobů následné rekultivace.

AKTUALIZACE KLIMATICKÝCH REGIONŮ

Jak ve své metodice uvádí Středová a kol., (2021), vlivem klimatických změn dochází ke změnám produkčního potenciálu půdy. Produkční potenciál půdy je možno chápat jako maximální dosažitelnou míru produkční schopnosti půdy, tedy schopnost půdy vytvořit efektivní prostředí pro růst a vývoj rostlin.

Jak bylo již výše uvedeno základní oceňovací a mapovací jednotkou půd v České republice jsou bonitačně ekologické půdní jednotky (BPEJ). Ta je vyjádřena jako pětimístný číselný kód, přičemž první číslice značí příslušnost k jednomu z deseti klimatických regionů (0 až 9), druhá a třetí číslice definuje příslušnost k jedné ze 78 hlavních půdních jednotek (1 až 78), čtvrtá číslice stanoví kombinaci svažitosti pozemku a jeho expozice ke světovým stranám a pátá číslice vyjadřuje devět kombinací hloubky a skeletovitosti půdního profilu.

Původní určení klimatických regionů

Pro určení stávajícího klimatického regionu, první číslice BPEJ, byla použita klimatická data z období 1901-1950. Při jejich stanovení se vycházelo z:

- sumy průměrných denních teplot vzduchu rovných nebo vyšších než 10 °C (TS10)
- průměrné roční teploty vzduchu (T AVG) a průměrné teploty vzduchu ve vegetačním období (TVO)
- průměrného ročního úhrnu srážek (SRAr)
- pravděpodobnosti výskytu suchých vegetačních období (VO) v % (PVSVO);
  (tj. procento výskytu let, kdy srážky ve VO nedosáhly nebo právě dosáhly vypočtené hranice sucha) z úplných pozorovacích řad (1901–1930) pro 550 meteorologických stanic
- výpočtu vláhové jistoty ve VO (VJVO); (obecně je vláhová jistota dána rozdílem mezi roční hranicí sucha a průměrnými ročními srážkami daného místa, děleném průměrnou roční teplotou)

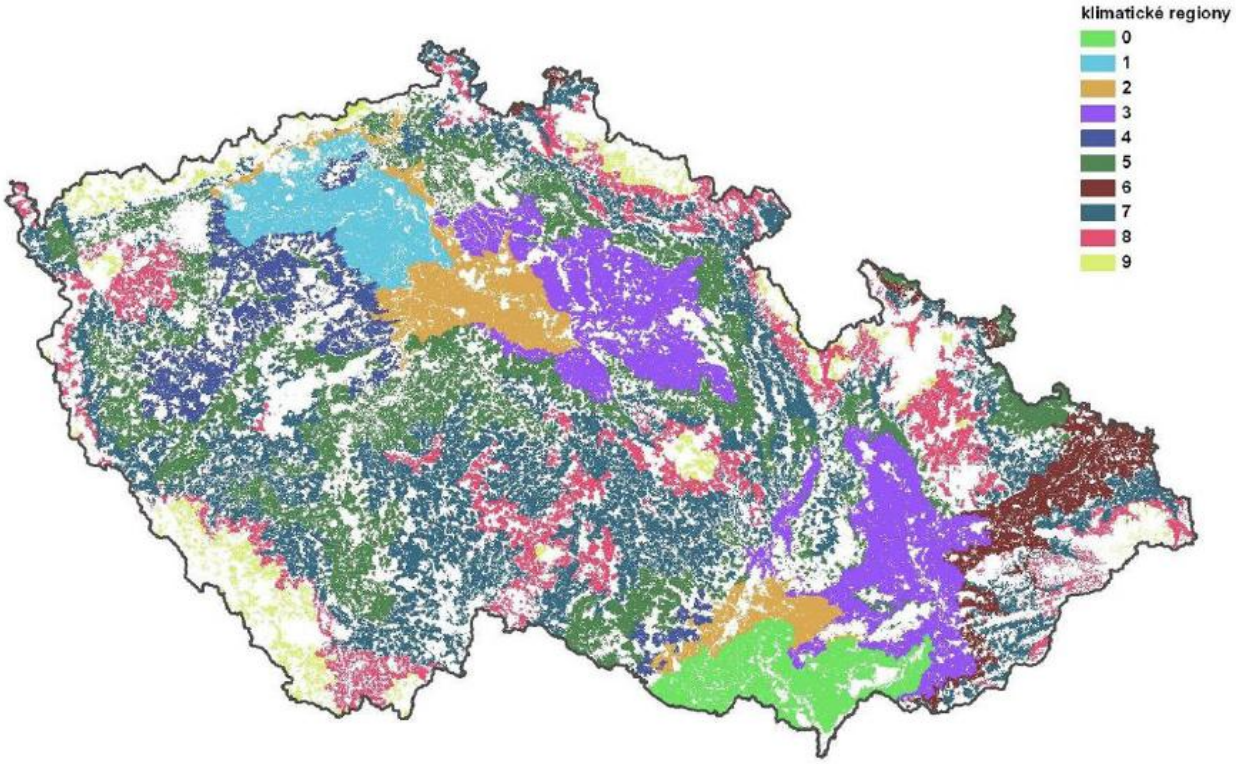
Nové určení klimatických regionů

V metodice Vymezování klimatických regionů v rámci systému bonitovaných půdně ekologických jednotek (Středová a kol., 2021) jsou uvedeny důvody pro aktualizaci způsobu stanovení klimatických regionů, kdy hlavním důvodem je nové definování charakteru

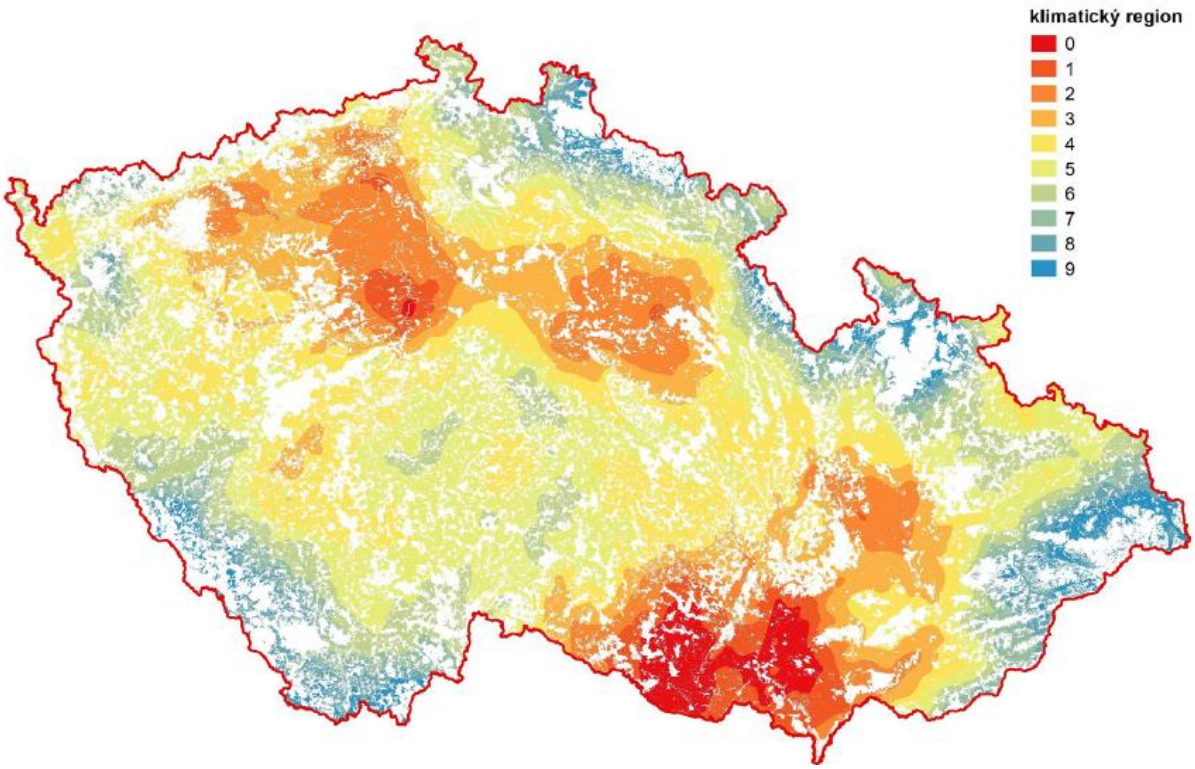
zemědělských půd, které jsou silně ovlivňované změnami klimatu. Kompromisně bylo místo co nejdelšího intervalu sledování klimatických charakteristik (původně padesátileté období) použito období třicetileté, které lépe odpovídá charakterizaci podmínek probíhajících klimatických změn.

Nově se při kategorizaci území vychází z hodnot potenciální vláhové bilance ve vegetačním období (PVB VO) (od 1. dubna do 30. září). Z původního stanovení zůstávají teplotní suma nad 10°C (TS10), průměrná roční teplota vzduchu (T AVG), průměrný roční srážkový úhrn (SRAr) Z pohledu přezimování zemědělských plodin jsou určující i zimní podmínky, proto byl do hodnocení nově zahrnut i průměr vypočtený z ročních absolutních minimálních teplot vzduchu (Tminabs).

Pro nová stanovení je použito třicetileté referenční období 1991 až 2020 pro 787 referenčních bodů v rastrové síti 10 x 10 km. Z těchto bodů byla vytvořena v programu ArcGIS (ESRI) vrstva, která byla interpolována do plochy ČR se závislostí na nadmořské výšce, sklonu a orientaci svahů v rozlišení 500 x 500 metrů, které následně nahradily vypočtené body původních hodnot.

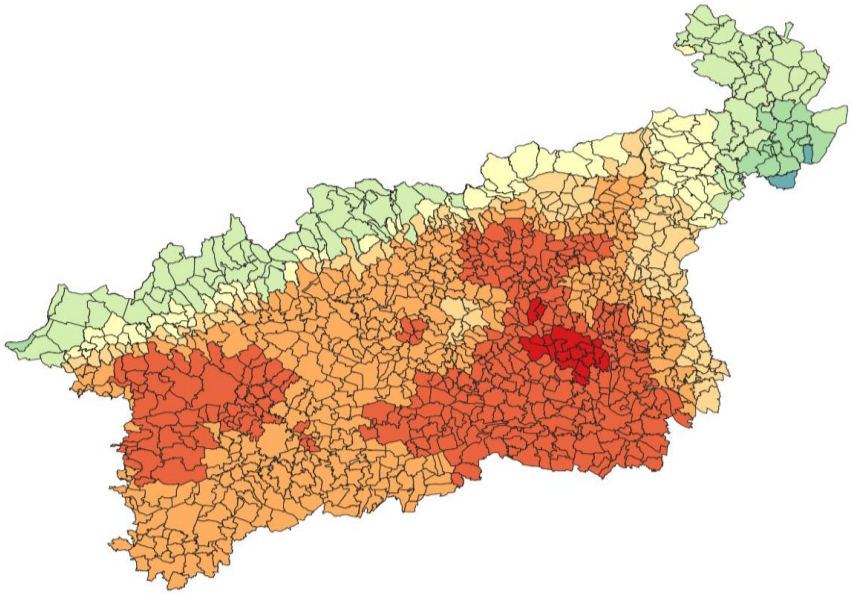


Obrázek č. 1: Původní klimatické regiony ČR dle metodiky Mašát a kol. (1974, 2002)



Obrázek č. 2: Nové klimatické regiony ČR podle metodiky (Středová a kol. 2021)

Podle postupu uvedeného v metodice (Středová a kol. 2021) byly nové klimatické regiony stanoveny pro jednotlivá katastrální území České republiky. Pro naše účely jsme od autorů této metodiky získali katastrální území Ústeckého kraje s novými klimatickými regiony jako shapefile pro grafické znázornění.



Obrázek č. 3: Ústecký kraj s novou kategorizací klimatických regionů podle Středová a kol. (2021)

Pro odhad teoretického produkčního potenciálu biomasy byly podle zpracované ekonometrické analýzy uvedené v dílčích výstupech projektu QK22020130 „Implementace inovací BPEJ do systému státní správy“ kategorizovány body výnosovosti hlavní půdní jednotky a nové klimatické regiony pro Ústecký kraj. V příloze č. 1 jsou uvedeny body výnosovosti pro klimatické regiony (KR) a hlavní půdní jednotky (HPJ), které se vyskytují v Ústeckém kraji. Výsledkem pak je stanovení teoretického výnosu vybraných plodin, sena, slámy řepky nebo obilovin pro hodnocené katastrální území, hlavní půdní jednotku a jejich úprava podle zjištěných bodů výnosovost. V analýze je rovněž zahrnuto i zastoupení orné půdy a ttp v hodnoceném katastrálním území. V tabulce č. 5 je sumarizováno zastoupení jednotlivých kategorií využití zemědělské půdy v Ústeckém kraji.

Kategorie využití zemědělské půdy v ÚK	ha
Chmelnice	5 950,3
Jiná kultura	465,5
Jiná trvalá kultura	702,6
Mimoprodukční plocha	67,4
Ovocný sad	3 633,5
Plocha s kontejnery	21,3
Plocha s víceletými produkčními plodinami	3,3
Rychle rostoucí dřeviny	383,2

Standardní orná půda	971 596,6
Školka	149,3
Travní porost (na orné půdě)	4 802,1
Trvalý travní porost	441 768,7
Úhor	26 209,9
Vinice	830,2
Zalesněná půda	66,3

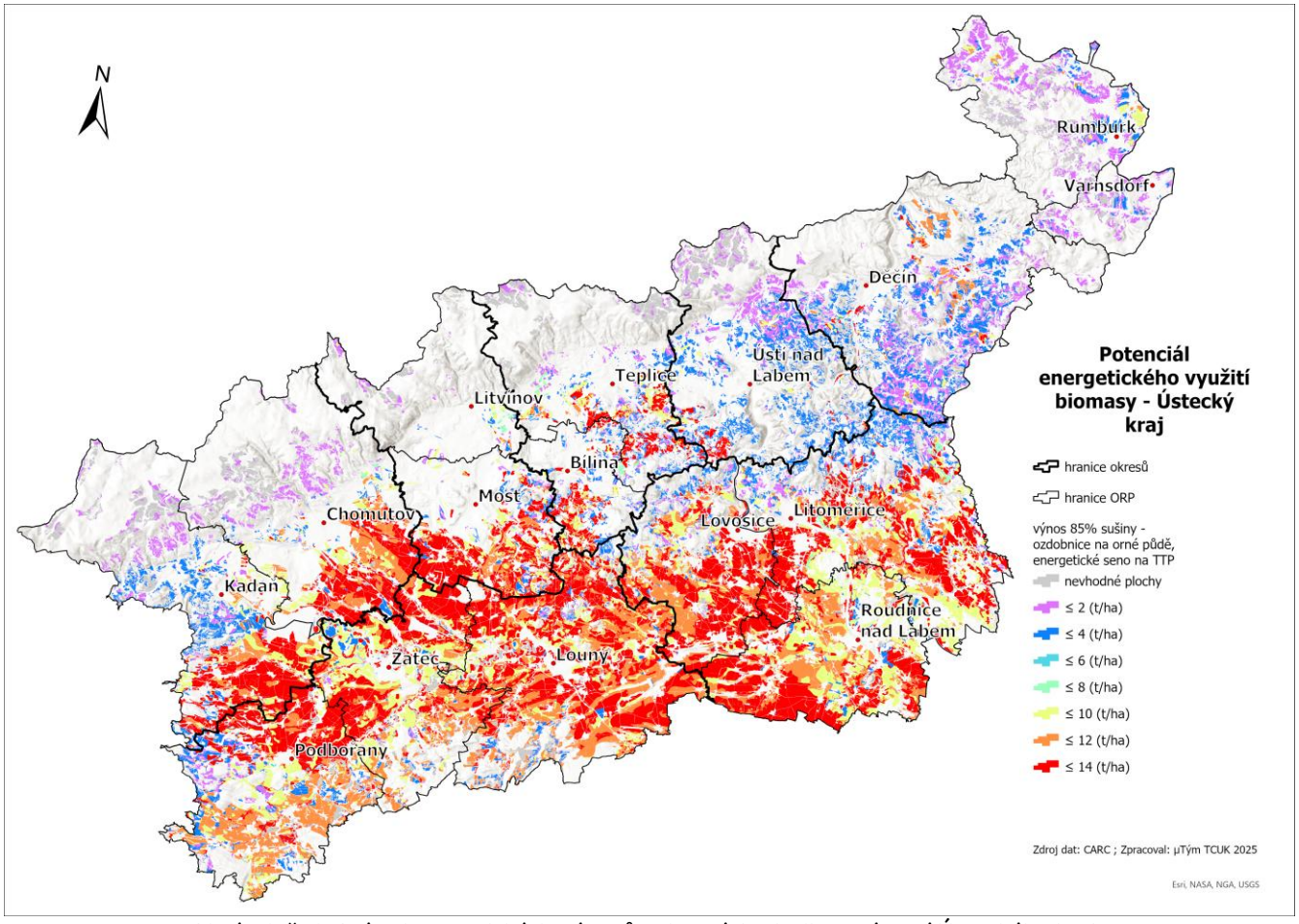
Tabulka č. 5: Kategorie využití zemědělských půd v ÚK

Z těchto údajů jsou vypočteny celkové teoretické výnosy plodin v tunách za hodnocené katastrální území a způsob využití zemědělské půdy. Následně jsou ze zjištěných energetických výtěžností jednotlivých plodin stanoveny obsahy energie ze zjištěných výnosů za jednotlivé kategorie plodin ve sledovaných katastrálních územích. V tabulce č. 6 je uvedena produkce biomasy za jednotlivé kategorie a z nich vypočtená energetická výtěžnost.

Ústecký kraj	**Výnosy za kategorii t/výměru**	**Energie za kategorii TJ/výměru**
Výměra orné půdy v ÚK je 971 596,6 ha		
Sláma obilovin tun za výměru min.	525 015,1	7 350, 210 799
Sláma obilovin tun za výměru prům.	700 020,1	9 800, 281 065
Sláma obilovin tun za výměru max.	875 025,1	12 250, 351 331
Sláma řepka tun za výměru min.	700 020,1	9 450, 271 027
Sláma řepka tun za výměru prům.	875 025,1	11 812, 838 784
Sláma řepka tun za výměru max.	1 050 030,1	14 175, 406 540
Konopí rostlina tun za výměru min.	1 400 040,2	20 300, 582 206
Konopí rostlina tun za výměru prům.	1 750 050,2	25 375, 727 758
Konopí rostlina tun za výměru max.	2 100 060,2	30 450, 873 309
Čirok rostlina tun za výměru min.	2 100 060,2	31 500, 903 423
Čirok rostlina tun za výměru prům.	2 450 070,3	36 751, 053 994
Čirok rostlina tun za výměru max.	2 625 075,3	39 376, 129 279
Mužák rostlina tun za výměru min.	2 100 060,2	34 650, 993 766
Mužák rostlina tun za výměru prům.	2 625 075,3	43 313, 742 207
Mužák rostlina tun za výměru max.	2 975 085,3	49 088, 907 835
Ozdobnice rostlina tun za výměru min.	2 100 060,2	35 701, 023 880
Ozdobnice rostlina tun za výměru prům.	2 450 070,3	41 651, 194 526
Ozdobnice rostlina tun za výměru max.	2 800 080,3	47 601, 365 173
Výměra trvalých travních porostů v ÚK je 441 768,7 ha		
Energetické seno ext. tun za výměru min.	350 010,0	4 200, 120 456
Energetické seno ext. tun za výměru prům.	525 015,1	6 300, 180 685
Energetické seno ext. tun za výměru max.	700 020,1	8 400, 240 913

Tabulka č. 6: Fytomasa technických plodin, slámy a sena z TTP a energetická výtěžnost v ÚK

Z výše uvedených tabulek byl zpracován pomocí programu ArcGIS společnosti ESRI ve spolupráci se zadavatelem výstup, pomocí kterého je možné vizualizovat jednotlivé kategorie, podmínky produkce, limitující omezení i výběrové podmínky. V následujícím zobrazení č. 4 je jako příklad vizualizován výnos sena z TTP a produkce ozdobnice na území Ústeckého kraje.



Obrázek č. 4: Snímek teoretických výnosů vybraných plodin na území Ústeckého kraje

SWOT ANALÝZA PRODUKCE ENERGETICKÉ FYTOMASY

V minulosti dotačně podpořené pěstování energetické fytomasy je v současnosti podporováno pouze nepřímo přes dotační podporu „I. výzvy z Operačního programu Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost (OP TAK)“. Mezi podporované aktivity aktuální výzvy patří výstavba zdrojů tepla z biomasy, včetně kombinované výroby elektřiny a tepla, a vyvedení tepla do místa spotřeby. S alokací 500 milionů Kč tato výzva směřuje k posílení využití biomasy jako jednoho z klíčových nástrojů pro dekarbonizaci energetiky. Významným zdrojem fytomasy pro energetiku je zemědělství, kdy se počítá

s využitím zejména odpadní a zbytkové biomasy z rostlinné výroby, například slámy, senem a travní hmoty z trvalých travních porostů nebo víceletých pícnin, některých nepotravinářských a speciálních plodin (například meziplodin v rostlinné výrobě). Pro pěstování energetické fytomasy byla zpracována následující SWOT analýza.

Silné stránky	**Slabé stránky**
▪ Dostatek vhodné orné půdy pro pěstování energetické biomasy ▪ Využití i méně úrodných půd ▪ Rozvinutá infrastruktura ▪ Dobré ekonomické vyhlídky v případě instalace KVET ▪ Ochota zemědělců pěstovat energetické plodiny ▪ Technická vybavenost zemědělců ▪ Schopnost zpracovávat nejnižší a zároveň nejlevnější druhy biomasy	▪ Nedostatek informací k agrotechnice energetických plodin ▪ Nedostatek skladovacích prostor na biomasu ▪ Závislost zisku energie na přírodních podmínkách, úrodě, na vlastnostech biomasy ▪ Sezónnost dodávek biomasy ▪ Konkurence mezi stávajícími energetickými zdroji ▪ Náročnější jednání se zemědělskými subjekty
Příležitosti	**Ohrožení**
▪ Využívání vlastních zdrojů pro získání elektrické energie – výhodné při očekávaném zdražování ušlechtilých paliv – plynu, elektřiny a topných olejů ▪ Podpora regionu a zvýšení prestiže podniku ▪ Zajištění směnného odbytu čistírenských kalů ▪ Snížení produkce některých emisí ▪ Možnost dlouhodobých kontraktů se zemědělskými podniky	▪ Neochota zemědělců vysazovat energetické plodiny na dobré půdy ▪ Nejistá situace na trhu s biomasou a energiemi, možné legislativní změny ▪ Zdražení cen biomasy v regionu ▪ Přírodní kalamity – sucho, povodně atd. mohou způsobit značné ztráty ▪ Možnost výstavby dalších energetických zdrojů v regionu ▪ Administrativní průtahy

PŘÍKLADY DOBRÉ ZEMĚDĚLSKÉ PRAXE

Jak bylo uvedeno výše, v minulosti bylo pěstování energetických rostlin dotováno. Přímá dotace na pěstování energetických rostlin byla vyhláškou 477/2012 Sb. a vyhláškou č. 110/2022 Sb. změněna na poskytování zelených bonusů zařízením využívajícím fytomasu. Stejně byl aktualizován zákon 165/2012 Sb. zákonem 143/2022 Sb. Přestože v současnosti produkce energie z fytomasy stagnuje, stále je v provozu podle dat Energetického regulačního úřadu ke konci roku 2023 v České republice celkem 78 provozoven na spalování biomasy s celkovým výkonem přesahujícím 2200 MW a 418 bioplynových stanic s instalovaným výkonem 333 MW. Proto se ve výčtu příkladu dobré zemědělské praxe zaměřím nikoliv na producenty biomasy, kteří biomasu vyrábí, ale na její uživatele, kteří získávají při energetickém zpracování biomasy podporu ve formě takzvaných zelených bonusů.

Spalování fytomasy

V Ústeckém kraji a v sousedním Libereckém byly realizovány stavby kotelen spalujících balíky slámy, jsou to například:

Novák – papír s.r.o., Stradonice u Loun, kde je provozována kotelna o výkonu 190 kW spalující celé kulaté balíky slámy pro vytápění hal a kanceláří.

Astur Straškov a.s., Vodochody využívá teplovodní kotel o výkonu 190 kW na spalování celých balíků slámy pro vytápění kanceláře, provozních objektů družstva, MŠ a ZŠ.

V Oldřichově v Hájích u Liberce pak funguje kotelna o výkonu 190 kW na spalování celých kulatých balíků slámy pro vytápění zemědělských objektů.

Další příklady dobré praxe využívání fytomasy již nejsou v přímém dosahu našeho regionu, uvádí se však jako vzorové příklady.

Obec Kněžice, energeticky soběstačná obec, využívá energii bioplynu, kdy vyrábí 330 kW elektrické energie a 405 kW tepelné energie. Rovněž využívá kotelnu na biomasu (dřevní štěpku) o výkonu 400 kW a na balíkovou slámu o výkonu 800 kW.

Spalovna slámy a dřevních odpadů – Dešná, využívá kotelnu na biomasu o výkonu 2,7 MW pro spalování balíkové slámy a biomasy.

Produkce bioplynu

Dalšími zařízeními využívajícími energetickou fytomasu jsou bioplynové stanice. Tato zařízení produkují elektrickou energii a teplo. Další výhodou těchto zařízení je, že je v nich možné zpracovat fytomasu v původní hmotnosti bez nutnosti jejího dosoušení.

Princip fungování bioplynových stanic

Bioplynová stanice je zařízení, ve kterém dochází k anaerobnímu rozkladu biologicky rozložitelných materiálů – typicky siláží, senáží, kejdy z hospodářských zvířat, travních či kukuřičných siláží, bioodpadů a dalších druhů biomasy. Tento proces probíhá bez přístupu vzduchu v reaktoru (fermentoru), kde jsou substráty zahřívány a promíchávány. Výsledkem je produkce energeticky bohatého bioplynu (hlavně metanu a CO_2), který bývá využíván k výrobě elektřiny, tepla i jako pohonná hmota.

Vedlejším produktem je tzv. digestát, který se dále dělí na kapalnou (fugát) nebo pevnou (separát) část. Tento produkt je bohatý na živiny, které může sloužit jako hodnotné hnojivo v zemědělství.

Rozdělení bioplynových stanic podle zákona o odpadech

Právní rámec provozu bioplynových stanic v ČR stanoví zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech (dříve zákon č. 185/2001 Sb.) a příslušné prováděcí vyhlášky. Z hlediska zpracovávaného materiálu a režimu provozu dělíme BPS na několik typů:

1. Zemědělské bioplynové stanice
   - Hlavní surovinou je zemědělská biomasa a statková hnojiva
   - Mohou přijímat i vybrané biologicky rozložitelné odpady (seznam viz příloha zákona o odpadech)
   - Provoz je veden v režimu zařízení k využívání odpadů, často R3 (recyklace organických látek), R1 (využití odpadu jako paliva k výrobě energie)

2. Komunální bioplynové stanice (na bioodpady)
   - Zpracovávají komunální, potravinářské a gastro odpady, včetně zbytků potravin a odpadů z obecních sběrů
   - Nutné je splnění přísnějších hygienických a provozních podmínek, zejména při nakládání s odpady živočišného původu
   - Podléhají schvalovacímu procesu podle §14 zákona o odpadech, včetně povolení provozu zařízení a závazného stanoviska orgánu ochrany veřejného zdraví

3. Průmyslové bioplynové stanice
   - Specializují se na zpracování průmyslových organických odpadů – např. výpalky, výrobní zbytky, odpady z potravinářského, pivovarnického nebo lihovarnického průmyslu
   - Zpravidla bývají součástí větších podniků nebo průmyslových areálů

Význam využití bioplynových stanic v Ústeckém kraji

V současnosti se na území Ústeckého kraje nachází 26 bioplynových stanic, z nichž je 12 zemědělských, 6 skládkových, 7 stanic na ČOV a 1 odpad využívající bioplynová stanice. Ze dvanácti zemědělských bioplynových stanic jsou 3 zemědělské s výkonem nad 1000 kW. Patří mezi ně BPS Račiněves, BPS Malešov a BPS Julčín. BPS s výkonem nad 800 kW se nachází v Ahníkově u Málkova v Chomutovské uhelné pánvi a Radověšicích v okrese Litoměřice. V okrese Litoměřice se nachází ještě BPS Slatina a BPS Lkáň s výkonem nad 600 kW. BPS s výkonem nad 600kW se nacházejí v okrese Děčín - BPS Bukovina a v okrese Ústí nad Labem - BPS Velké Chvojno. Okolo Mostecké uhelné pánve se nachází 3 BPS s výkonem nad 500 kW, BPS Výškov u Počerad, BPS Bělušice a přímo u Litvínova skládkovací BPS Litvínov Celio. Dále sem můžeme zařadit BPS využívající odpad - BPS Všenořice u Ústí nad Labem. Zbylých 13 nezemědělských BPS dosahuje výkonu do 200 kW (10 BPS) a u do 400 kW (3 BPS).

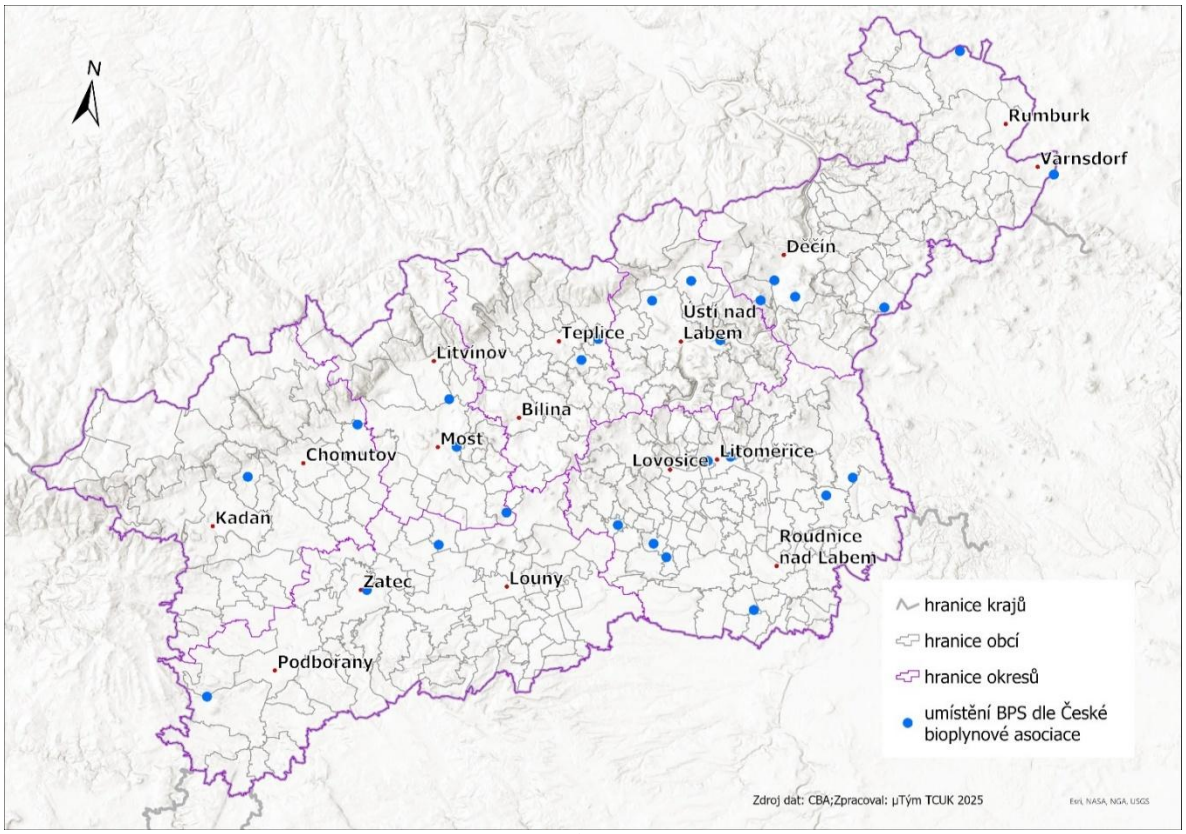
Ústecký kraj má, ale vyšší potenciál pro rozsáhlejší využití biomasy právě prostřednictvím bioplynových stanic díky následujícím faktorům:

- Rozsáhlá zemědělská produkce (obilniny, kukuřice, travní porosty)
- Dostatek biologicky rozložitelných komunálních odpadů v hustě osídlených aglomeracích
- Průmyslové tradice a s nimi spjaté možnosti využití průmyslových bioodpadů
- Podpora energetické soběstačnosti obcí a snižování emisí skleníkových plynů

Přínosy bioplynových stanic pro region

- **Stabilní zdroj elektřiny a tepla** (pravidelné dodávky nezávislé na počasí)
- **Ekologické zpracování odpadů** (minimalizace skládkování, snížení emisí)
- **Podpora oběhového hospodářství** (využití digestátu jako hnojiva, úspora minerálních hnojiv)
- **Nová pracovní místa** v oblasti OZE a provozních služeb

Bioplynové stanice jsou klíčovým prvkem udržitelného hospodaření s biomasou v Ústeckém kraji. Představují významný obnovitelný zdroj energie, podporují oběhové hospodářství a napomáhají ekologicky a ekonomicky efektivnímu využití místních zdrojů, proto by se měla strategie kraje zaměřit na další rozšiřování BPS se zaměřením na vznik efektivního systému sběru a třídění biologicky rozložitelných odpadů



Obrázek č. 5: Umístění bioplynových stanic na území Ústeckého kraje. Zdroj: České bioplynové asociace (CBA)

PĚSTOVÁNÍ PLODIN K ENERGETICKÉMU VYUŽITÍ

Dále jsou uvedeny jednotlivé uvažované plodiny s dobrým potenciálem energetického využití v tuzemských podmínkách. Uveden je podrobný popis, nároky na stanoviště, technologie pěstování apod.

Chrastice rákosovitá (Phalaris arundinacea)

Jedná se o autochtonní druh trávy z čeledi lipnicovitých (Poaceae), který je značně náročný na vodu a živiny, *nenáročný* na agrotechniku a dávající ve vhodných podmínkách relativně vysoké výnosy. Chrastice je přirozeně rozšířena na celém území našeho státu, téměř po celé Evropě, Asii (kromě jižní části) a Severní Americe. Jedná se o vysokou trávu, jejíž výška často přesahuje 2 m. V přirozeném prostředí se vyskytuje nejčastěji v okolí vodních toků a vyznačuje se velkou odolností vůči drsným klimatickým podmínkám. Nejlépe se jí daří na těžších půdách s bohatou zásobou živin. Holomrazy ani pozdní jarní mrazíky jí neškodí. Také zastínění nebo krátkodobé zaplavení snáší dobře.

V zemích EU se považuje za standart odrůda Palaton (USA). Některé další zahraniční odrůdy: Luba syn. Motycka (POL), Motterwizer (D), Pervenec (SUN), Peti, Szarvasi 50, Szarvasi 60, Keszthelyi 52 (H), Lara (NOR), Vantage, Venture (USA), Belevue, Rival (Canada). Šlechtí se nové odrůdy pro průmyslové využití, které by se měly lišit od krmných tím, že mají vysoký poměr stonků oproti listům, nízký obsah popele a prvků jako jsou křemík, draslík a chlór. Pro energetické a průmyslové využití se v zahraničí šlechtí nové odrůdy chrastice, které by se měly lišit od krmných tím, že mají vysoký poměr stonků oproti listům, nízký obsah popele a prvků jako jsou křemík, draslík a chlór. Chlór při spalování způsobuje korozi spalovacích zařízení a popel se při vysokém obsahu uvedených prvků a při nízkých teplotách taví a spéká. Pokud je v materiálu vysoký obsah křemíku, projeví se toto nízkou teplotou tavení popela, což může při nevhodné konstrukci spalovacího zařízení způsobovat provozní potíže. O dalším rozšíření pěstování této plodiny se uvažuje zejména v SRN, Dánsku ale i severských Evropských státech jako je Finsko, Švédsko. V posledně jmenované zemi mají chrasticí rákosovitou oseto více než 1000 ha (Ochodek, 2006). Zcela nově se začíná zavádět i v pobaltských zemích, kde jí dávají přednost před rychle rostoucími dřevinami. Tato plodina má sloužit jako zdroj pro výrobu buničiny nebo jako potenciální energetický zdroj (spalné teplo sušiny nadzemní části je v průměru 17,52 GJ/t).

V ČR může průměrný výnos dosáhnout 5,3 – 12,6 t/ha, obecně se dá říci, že celkový výnos fytomasy je značně závislý na průběhu klimatických podmínek v jednotlivých letech a na daných stanovištích (Petříková, 2006). Celé rostliny se využívají jako krmivo (čerstvá píce, seno, siláž), k výrobě buničiny (stonky), pro přímé spalování (listy nebo celé rostliny), k výrobě elektřiny a bioplynu.

Choroby ani škůdci obvykle u chrastice nečiní problémy, občas se mohou vyskytnout Stagonospora či Helminthosporium. Z herbicidů se může aplikovat Starane EC 250 v dávce 2-3 l/ha, Lontrel 300 v dávce 0,8 – 1 l/ha či Harmony extra 0,5kg/ha.

Technologie pěstování

Je dobré zařadit chrastici na nezaplevelený pozemek. Chrastice je nenáročná na předplodinu. Může se sít prakticky po všech předplodinách. Vhodnou předplodinou jsou luskoobilní směsky a obilniny, které následují buď po pícnině nebo po ozimé řepce.

V literatuře se uvádí, že je chrastice značně náročná na živiny. Ve Švédsku uvádějí průměrné dávky živin při jarní sklizni 80 kg/ha N, 30 kg/ha K a 10 kg/ha P. Ve Švédsku bylo použito s úspěchem také přihnojování čistírenským kalem. Ve Finsku používali v polních pokusech prvním rokem 40-70 kg/ha N a později 70-100 kg/ha N. Podle našich sledování postačují na úrodnějších půdách dávky N 50 až 80 kg/ha. Při hnojení musíme také uvažovat jaká je násobenost živin v půdě, kde plodina pěstuje a jakých výnosů se dosahuje na daném stanovišti, tedy jak mnoho živin odchází z pole se sklizenou fytomasou.

Agrotechnika záleží na tom, za jakým účelem se chrastice pěstuje. Chrastici je možno pěstovat na semeno, píci nebo průmyslové využití. Na semeno se seje na přiměřeně vlhký pozemek s těžší půdou s dostatkem živin do širších řádků (25-30 cm). Výsevek na semeno činí 8-10 kg/ha. Výsev je možno provádět na podzim nebo časně z jara zároveň s krycí plodinou, nebo bez krycí plodiny časně na jaře. Na podzim by měla být chrastice zaseta do 20-25 srpna, aby do zimy dobře zakořenila. Chrastice dozrává ke konci července. Chrastici na semeno je třeba sklízet opatrně, neboť obilky dozrávají značně nestejnoměrně a snadno vypadávají. Výnosy semene se udávají 0,2-0,4 t/ha.

Při pěstování chrastice na píci (hmotu) se seje do užších řádků na vzdálenost 12,5 (15) až 30cm podle využití. Výsevek v čisté kultuře činí 20-25 kg/ha semene. Aby se zajistila dobrá kvalita píce, je třeba její porosty sklízet ještě před metáním, kdy seno má vysoký obsah bílkovin. Po vymetání se rychle snižuje její stravitelnost. Obecně se uvádí, že chrastice rákosovitá má průměrný obsah živin a horší stravitelnost než ostatní pícní trávy. Při pozdější sklizni se doporučuje zesilážovat. Obvyklé jsou dvě až tři seče za rok.

Porosty chrastice určené pro energetické využití se zakládají obdobně jako na píci. Dobře založené porosty vydrží několik let. Doporučují se však sklízet po zimě brzy na jaře, kdy mají rostliny nízký obsah vody (12-20%). Porosty je možné každoročně přihnojovat nejlépe na jaře před vegetační sezónou.

Choroby ani škůdci nejsou u chrastice problémem. Za určitých podmínek se mohou vyskytnout listové choroby (Stagonospora, Helminthosporium). Proti plevelům je možno aplikovat herbicidy, které se používají do jarních obilnin a to nejlépe ve fázi 2-5 listů chrastice. Doporučuje se STARANE EC 250 v dávce 2-3 l/ha nebo LONTREL 300 v dávce 0,8-1 l/a nebo HARMONY.

Chrastice určená pro průmyslové využití se v roce výsevu většinou nesklízí. Sklízí se v drtivé většině na jaře, kdy se poseká na řádek a potom se lisuje do balíků. Sklízecí mechanizmy

se někdy upravují tak, že se sníží otáčky bubnu a zvětší se průchodnost sklízecího ústrojí. Při těchto opatřeních je snižován odrol listů. Při energetickém využití se dají též lisovat brikety nebo pelety. Pokud jde o výnosy, potom např. ve Švédsku se uvádějí průměrné výnosy sušiny za 5 let pěstování (od druhého roku) při dávce 100 kg/ha N a 9 tun/ha na konci vegetační sezóny a 7,5 t/ha na jaře. Ztráty sušiny přes zimní období se uvádějí kolem 25 %. Průměrné výnosy sušiny v okolních státech se pohybují v rozmezí 4,5 až 9,0 t/ha. Uvádí se, že na uměle založených loukách při hnojivé závlaze lze dosáhnout výnosů více než 15 tun sena z 1ha. Při sklizni lze využít existující zemědělskou mechanizaci, která je běžně dostupná v zemědělských provozech. Dodržení správného termínu sklizně a včasná transformace suroviny do skladovatelného stavu je základním předpokladem úspěšné produkce.

Při vícefázové sklizni s využitím řezačky je porost v první fázi sklizen pomocí sklízecí mlátičky nebo žacího stroje. Sklízecí mlátička je použita v případě, že je v první fázi sklízeno semeno. To je v pracovním ústrojí odděleno. Zbylý materiál je uložen na pozemku v řádcích. V případech kdy se v první fázi semeno nesklízí, je použito žacího stroje.

Při vícefázové sklizni s využitím sklízecích lisů je porost v první fázi sklizen shodným způsobem, jako při realizaci druhé fáze sklizně sklízecí řezačkou, tzn. sklízecí mlátičkou nebo žacím strojem. Následně je možno materiál, který se nechá doschnout na řádcích, sklidit do balíků hranolovitých či kulatých. Hranolovité balíky je nutné následně skladovat v zakrytých prostorech s ochranou proti dešti, kulaté balíky opatřené folií je možno skladovat přímo na poli. Výhodou sklizně svinovacím lisem do kulatých balíků je vyšší výkonnost a vyšší hustota stlačeného materiálu, ve srovnání s hranatými balíky. V případě omezeného prostoru pro skladování a při manipulaci však lze předpokládat výhody hranatých balíků.

Vícefázový způsob sklizně rostlinné biomasy je časově a personálně náročnější a zahrnuje větší počet operací, které nutně znamenají větší počet přejezdů po pozemku. Výhodou je možnost oddělené sklizně semen a možnost samovolného dosýchání suroviny na pozemku mezi jednotlivými fázemi sklizně. Při porovnání sklízecích lisů a sklízecích řezaček ve vícefázových postupech sklizně z hlediska měrné spotřeby PHM nebyl zaznamenán výrazný rozdíl.

Výnosy fytomasy chrastice jsou závislé na průběhu klimatických podmínek v jednotlivých letech a na daných stanovištích. Z energetického a ekonomického hlediska je také důležité, v kterém termínu plodiny sklízet. Zda v době největšího nárůstu fytomasy, pozdě na podzim nebo brzy na jaře. Obecně největší nárůst fytomasy je u většiny plodin v době kvetení nebo těsně po odkvětu. Potom dochází k postupné ztrátě. V prvním termínu sklizně má obsah vody v plodině rozmezí 60- 80 %. Takto vlhká fytomasa se dá přímo využít pouze na výrobu bioplynu. Pokud by se měla používat pro účely spalování přímo v kotlích nebo na výrobu pelet nebo briket je třeba ji dosoušet, za příznivého počasí přímo na poli nebo dosoušet uměle v sušárnách. Zde v těchto případech je třeba dodávat vícenáklady na tyto operace, které nejsou hlavně v případě dosoušení teplým vzduchem nejlevnější. Při pozdně podzimním termínu je u většiny energetických vytrvalých rostlin obsah vlhkosti většinou i nadále relativně vysoký a dosahuje hodnot 30 až 70 %. Výnos není o mnoho menší v porovnání s prvním termínem.

Proto je u většiny vytrvalých plodin určených pro energetické využití z hlediska obsahu vody i z hlediska dalších faktorů nejvhodnější zimní nebo jarní termín sklizně, kdy přes zimu mráz rostliny vysuší. Všechny plodiny při tomto termínu sklizně mají obsah vody pod 30 %.

Fytomasa chrastice není bez dosoušení ani koncem listopadu vhodná pro okamžité spalování. V daném termínu jsme v průměru zjistili obsah vody kolem 50 %. Jsou dvě možnosti jak se zbavit do zimy přebytečné vody. Buď porost na podzim desikovat nebo jej sklidit a dosušit uměle. Porost je možno také sklízet přes zimní období, pokud to půdně-klimatické podmínky a sněhové poměry dovolí, nebo je možno sklízet až na jaře, až do doby než začne znovu růst (obrážet). První mrazy porost vysuší, takže jej lze pak sklízet a přímo spalovat. Vlhkost pod 20 % při jarním termínu sklizně je vhodná přímo k lisování do briket nebo pelet, skladování nebo okamžitému spalování. Ztráta fytomasy 22,5 % přes zimní období není v porovnání s některými ostatními plodinami vysoká. Ztráta je kompenzována úbytkem vlhkosti, neboť na podzim bychom museli sklizenou fytomasu dosoušet. Porost chrastice přes zimní období většinou nepoléhá, což umožňuje bezproblémovou sklizeň bez větších ztrát fytomasy.

Jarní sklizeň je doporučována také proto, že při pozdějších termínech sklizně se snižuje obsah draslíku, chlóru, dusíku a síry ve fytomase chrastice i dalších plodin oproti ranným termínům sklizně. Množství živin obsažených v rostlinách je na jaře téměř poloviční v porovnání s rostlinami sklizenými například v srpnu. Jako důvod se uvádí translokace živin do kořenové části a jejich vyluhování během zimy. U pozdních termínů sklizně (březen) se např. při spalování fytomasy chrastice zvyšuje teplota spékání popele a jsou zaznamenány nižší emise SOx a NO_X oproti ranějším termínům sklizně (červenec-září).

Další výhodou sklizně po zimě je, že na podzim některá stébla u některých populací chrastice mají tendenci tvořit zelené větve z paždí na listových pochvách, což zapříčiňuje nežádoucí zvýšení obsahu vody.



Obrázek č. 6: Chrastice rákosovitá Phalaris Arundinacea L.

Mužák prorostlý (*Silphium perfoliatum* **L.)**

Dosahuje v podmínkách mírného klimatického pásma Evropy výšky 220-340 cm. Stonky jsou přímé, silné, duté, ochmýřené, většino čtyřhranné, ale mohou být šesti- až osmihranné, průměr ve spodní části 15-20 mm. Počet produktivních stonků se pohybuje mezi 6 - 12 kusy. Listy jsou tmavě zelené, ozubené, velké, vejčitě-kopinaté, okraje listové destičky jsou ozubené. Délka listů dosahuje 30 cm, šířka 13 až 15 cm, rozmístění listů je vstřícné. Horní listy jsou bez řapíků a sedí přímo na stonku, který jakoby prorůstá skrz listy, odkud pochází i druhový název plodiny – mužák prorostlý. Naproti tomu, spodní listy jsou umístěny na dlouhých řapících. Květy jsou drobné a shromážděné v mnohokvětém útvaru nazývaném úbor o průměru 3-6 cm. Na jednom stonku je obvykle umístěno 16-20 květních úborů. Úbor je složený z mnoha květů, a to jazykovitých a trubkovitých. Trubkovité jsou pravidelné s korunou trubkovitou a tvoří ve střední části úboru terč. Jazykovité květy jsou souměrné s korunou jazykovitou, výše rozšířenou v plochou, nápadnou ligulu. Plodem je dvoukřídlá nažka světlehnědé barvy. Hmotnost 1000 semen je 18-25 gramů. Kořenový systém je silný, dobře vyvinutý. V prvním roce po výsevu vytváří mužák především kořenový systém. V průběhu let se od sebe kořeny rozpadají a vytváří tak za 6 až 8 let 8 až 12 jednotlivých odnoží. Porosty mužáku jsou po 3-4 letech zahuštěny a potlačují většinu plevelů.

Nároky na stanoviště

První demonstrační parcela této plodiny byla založena na stanici VÚRV, v.v.i. v Chomutově v roce 1992, tj. stáří tohoto porostu je již 20 let a doposud je v dobrém vegetačním stavu. Je to raná plodina velmi odolná vůči vymrzání, vyžaduje však dobré vlhkostní poměry. Z těchto důvodů jsou pro pěstování mužáku prorostlého vhodné podmínky mírného klimatického pásma. Plodina však nesnáší zastínění a vyžaduje slunné stanoviště, proto pro její pěstování raději volíme jižní nebo jihozápadní svahy. Svažitost není na závadu, neboť ponecháním vyššího strniště (cca 10-12 cm) zvyšujeme odolnost pozemků vůči větrné a vodní erozi. Při výběru vhodné lokality rozhodují ne tolik klimatické podmínky a nadmořská výška, neboť tato plodina je mrazuvzdorná a na teplo nenáročná, ale kvalita půdy, především její kyselost a obsah minerálních živin. Mužák vyžaduje téměř neutrální až mírně alkalické půdy. Limitujícími podmínkami pro pěstování je zamokření, neboť vysoká hladina půdní vody způsobuje uhnívání kořínků. Vůči suchu je docela odolný, nedostatek vody v půdě v průběhu vegetačního období však snižuje produktivitu porostů. Z hlediska agrochemických vlastností půd nepříznivě na růst mužáku působí vysoká kyselost nebo alkalita půd (pod pH 5,5 a nad 8,5) a nízký obsah fosforu (pod 50 mg/kg půdy ve výluhu Mehlicha III). Mužák není náročný na předplodinu, není ho však vhodné vysévat na pozemcích, kde byly v předchozích letech aplikovány přípravky s účinnou látkou atrazine, trifluralin a chlorsulforon. Krycí plodiny nejsou vhodné, neboť plodina je náročná na světelné podmínky, zejména v prvním roce vegetace. Nejvhodnějšími předplodinami jsou okopaniny, ozimé obiloviny nebo řepka. Při pěstování

mužáku za účelem zúrodnění půd považujeme za nejvhodnější následnou plodinu travní nebo jetelotravní směs.

Mužák prorostlý jako plodinu vytrvalou pěstujeme na orné půdě mimo osevní sled. Můžeme ho pěstovat i na málo využitelných pozemcích – erodovaných, kontaminovaných, degradovaných a půdách jinak postižených antropogenní činností, ale pouze za předpokladu vydatného organického hnojení. Tato plodina je vhodná i pro okrajové (marginální) oblasti, vyžaduje však teplé polohy, chráněné proti silným větrům. Roste skoro na jakékoliv půdě, ale samozřejmě čím je půda méně úrodná, tím jsou výnosy nižší. Nejvyšších výnosů dosáhneme na půdě dobré, s hlubokou orniční vrstvou a bohatou zásobou humusu a základních živin. Nevhodné jsou půdy zamokřené, extrémně kyselé a silně kamenité.

Na kyselých půdách s pH < 5,5 je nutno před založením porostu mužáku provést důkladné vápnění. Dle údajů ÚKZÚZ činí celková rozloha kyselých půd v ČR cca 15 %. Před zakládáním porostu na lehčích půdách použijeme dolomitický vápenec cca 2-2,5 t/ha, na těžších půdách lze použít i pálené vápno 1,5-2 t/ha. Přesnou dávku určíme na základě agrochemických rozborů. Po 4-6 letech v případě poklesu pH pod hodnotu 5,5 je nutné vápnění zopakovat.

Optimální postup předseťové přípravy půdy zahrnuje podzimní středně hlubokou až hlubokou orbu. Důrazně se doporučuje spojit podzimní orbu s aplikací zvýšených dávek fosforu a zejména draslíku, a to P_2O_5 75 kg/ha a K_2O 300 kg/ha. Dávky hnojiv můžeme upřesnit na základě agrochemických rozborů půd. S ohledem na v podmínkách ČR běžnou dostačující zásobu draslíku (nad 170 mg K v 1 kg půdy ve výluhu Mehlicha III) a nízkou fosforu (pod 50 mg P v 1 kg půdy ve stejném výluhu) doporučujeme v takovém případě provést příslušnou korekci dávek. Pro podobné pozemky je vhodné snížit dávky draslíku na 150 kg K_2O a zvýšit dávky fosforu na 120 kg P_2O_5 na 1 ha. Velmi vhodná je i předběžná aplikace organických hnojiv nejlépe kompostové kvality (C_{ox} min. 12,5 %, N_{tot} min. 0,6%) v dávce 40-60 t/ha. V případě současného použití organických a minerálních hnojiv volíme obvykle nižší dávky s odpočtem obsahu živin v použité dávce kompostu nebo organického hnojiva.

Protože je mužák prorostlý vytrvalá plodina s dlouholetým produkčním potenciálem, výběru vhodného pozemku věnujeme zvláštní pozornost. Jako většina vytrvalých plodin, vyžaduje mužák před setím důkladné odplevelení a pečlivé agrotechnické zpracování půdy. Rovněž v prvním roce vegetace vyžaduje mužák náročnější péči. Proto musí být půda k setí velice pečlivě připravena, což usnadní údržbu porostů. Optimální postup přípravy zahrnuje podzimní středně hlubokou až hlubokou orbu s pečlivým urovnáním povrchu smykováním a vláčením. Na vzešlé plevele před setím aplikujeme vhodné chemické přípravky totálního charakteru, jako jsou herbicidy typu Roundup a Touchdown v dávce cca 2-3 l/ha (dávku upřesníme dle návodu na konkrétní přípravek). Tři až čtyři týdny před setím (nebo sázením) doporučujeme převláčet pozemek lehkými branami nebo mělce prokypřit kombinátorem či rotavátorem.

Termíny sečí a jejich počet se u porostů mužáku stanoví individuálně podle účelu rostlinné produkce a půdně-klimatických podmínek stanoviště. Obdobně jako i u ostatních vytrvalých bylin, sklizeň mužáku v suchém stavu na seno nebo po ukončení vegetace a využití pro přímé spalování není s ohledem na vysoký obsah dusíku a nízký obsah celulózy a hemicelulózy vhodná. Navíc, vegetační období u mužáku je obzvlášť dlouhé – obvykle delší než 200 dnů. Proto nejvhodnější je využití nadzemní fytomasy mužáku jako objemného krmiva nebo jako suroviny pro biozplynování.

Kvalita objemných krmiv je v prvé řadě závislá na jejich stravitelnosti (event. biozplynovatelnosti), která je zase závislá na biochemickém složení fytomasy. Stravitelnost a biozplynovatelnost pícnin nejvýznamněji ovlivňuje obsah vlákniny, který se zvyšuje se stárnutím rostlin. Při vysoké užitkovosti skotu a ovcí má být obsah vlákniny v sušině celkové krmné dávky max. 15 %, v záchovné dávce max. 30 %. Mladé pícniny jsou dobře stravitelné a fermentovatelné. Stárnutím rostlin dochází k jejich lignifikaci a stravitelnost se rychle zhoršuje, i když se to projevuje u bylin v daleko menší míře nežli u trav. Z toho vyplývá, že kvalitu fytomasy lze významným způsobem ovlivnit stanovením vhodného termínu sklizně. Dalšími podmínkami pro získání kvalitního krmiva nebo suroviny pro bioplyn z fytomasy mužáku je vhodné provedení operací sklizně a dopravy a zajištění optimálního procesu konzervace za účelem uskladnění. V tomto ohledu jsou nejdůležitějšími parametry, kromě biochemického složení, sušina fytomasy v době sklizně a délka řezanky. Pro silážování mužáku je vhodná sušina v rozmezí 24-32 % a délka řezanky 3-5 cm. Pro senážování potřebujeme nejdříve uskutečnit zavadání sklizené fytomasy na sušinu v rozmezí 35-55 % a potom nařezat na délku cca 5-8 cm. Při využití fytomasy mužáku na krmivo nebo za účelem produkce bioplynu sklízíme plodinu na zeleno při sušině cca 20-25 %.

Je to obvykle ve stádiu nasazení poupat až kvetení. V případě jednorázové sklizně na bioplyn posouváme termín seče na konec kvetení – začátek dozrávání semen, kdy obsah sušiny dosahuje hodnot 24-30 % a jeho výnosy jsou nejvyšší.



Obrázek č. 7: Květenství mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum L.*

Ozdobnice čínská (Miscanthus sinensis N. J. Andersson)

Vysoká tráva, dosahující za příznivých podmínek vysokého vzrůstu. Původní domovinou této rostliny je východní Asie. Do Evropy byla poprvé přivezena roku 1935. Z tohoto původního klonu pochází většina druhů soudobé výsadby používané v Evropě. V současné době se o ozdobnici uvažuje jako o alternativním zdroji obnovitelné energie a surovině pro průmyslové užití.

Ozdobnici se nejlépe daří na lehčích strukturních půdách, spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek. Doporučují se humózní písčité půdy s vysokou hladinou podzemní vody (ne více než 600 mm) a pokud možno s malým zaplevelením vytrvalými plevely (pýr, šťovíky). V seznamu registrovaných odrůd není uvedena žádná odrůda. Ze zahraničí jsou k dispozici výkonné formy Gigantheus, Goliath, Sirene nebo nově vyšlechtěné klony Desert, Spat a Hornum a Resistent 01. Jejich nevýhoda je, že jsou sterilní. Ozdobnice se v prvním roce nesklízí, v druhém roce dává výnos 10 t/ha, ve třetím a dalších letech 20–25 t/ha.Využívá se pro výrobu tepla (přímé spalování nebo pyrolýza), výrobu buničiny, jako stavební materiál a pro výrobu snadno likvidovatelných obalů.

Technologie pěstování

Ozdobnice se sází v době, kdy je teplota půdy vyšší než 10°C a to od poloviny května do poloviny července a to od 10 000 do 20 000 ks/ha. Porosty nejsou v současnosti výrazně napadány chorobami nebo škůdci, proto není chemická ochrana nutná. Prvý rok po vysazení je možná mechanická kontrola, ve druhém nebo třetím roce již většinou není třeba využívat prostředky na ochranu rostlin, jelikož opadávající listová hmota vytváří vrstvu mulče, která potlačuje růst plevelů.

Sklizeň je možné provádět pojízdnými samochodnými řezačkami, se kterými se sklízí kukuřice, převážně od listopadu do března. Ze sklizené slámy je možno lisovat pelety. Při podzimních termínech sklizně je třeba sklizenou fytomasu dosoušet, neboť má v průměru kolem 50 % vody.

Při konečné likvidaci je možno použít několika metod, jednou je chemická likvidace nově rašících výhonů (Roundup), která se provádí na jaře. Při případném znovu obrážení vede následná druhá aplikace přípravku k celkovému úhynu rostliny. Další možností je vyorávání rhizomů.



Obrázek č. 8: Porost ozdobnice Miscanthus sinensis N. J. Andersson

Čirok *Sorghum* adams

Čiroky patří podobně jako kukuřice, proso, béry, laskavce aj. do skupiny rostlin s C4 cyklem, které dosahují vysoké hodnoty fotosyntetické produkce, tedy i tvorby biomasy. Díky těmto schopnostem mají i značnou odolnost k suchu a vysokým teplotám. Čiroky jsou náročné na teplo a vyžadují pozdní setí. V Německu, ale i v České republice a na Slovensku se proto stále více prosazují jako následná plodina po energetickém žitu a triticale na zeleno, ozimém ječmeni na GPS nebo po první (jarní) sklizni víceleté pícniny. Na podzim se potom (někdy i při nižším obsahu sušiny) sklízejí přímo a jako zelená hmota nebo zasilážované se využívají pro výrobu bioplynu. Vícesečné čiroky jsou velmi hodnotnou pícninou pro přežvýkavce. Erozní koeficient se v USA u čiroků uvádí o třetinu až polovinu nižší než u kukuřice. Při pěstování pro přímou sklizeň mohou být důvody pro nahrazení kukuřice za čirok aridní podmínky (platí 300–500 mm hranice ročního úhrnu srážek), málo úrodná – písčitá půda nebo problémy s výskytem škůdců. Čiroky jsou méně náročné na půdu, hnojení a pesticidy. Herbicidní ochrana je levná a jednoduchá. V optimálních podmínkách je výkonnější kukuřice, čirok ji překoná za tepla a v horších půdních podmínkách. Oproti kukuřici není čirok atakován černou zvěří.

Zrno se používá jako zdroj škrobu ve škrobárenském a lihovarnickém průmyslu.

Z fytomasy (slámy) se vyrábějí kartáče, košťata a v neposlední řadě lze čirok používat jako energetickou plodinu pro spalování fytomasy. Spalné teplo stébel čiroku je 17,9 $MJ.kg^{-1}$ suché biomasy a produkce sušiny nadzemní biomasy až 19,9 t./ha, výnos závisí na pěstované oblasti,

obecně se dá říci, že v teplých oblastech je větší. Z hlediska vysokého obsahu vody v rostlinách během celé vegetace jsou čiroky vhodnější pro výrobu bioplynu.

Technologie pěstování

Do osevního postupu se může zařadit podobně jako kukuřice, tzn. po obilninách (zejména po ozimé pšenici), jako hlavní plodiny také po okopaninách. Při intenzivnějším hnojení a používání herbicidů může následovat čirok i více let po sobě. Po čiroku pěstovaném pro energetické využití a sklizeném do konce zimy lze pěstovat pouze jařiny. Po čiroku pěstovaném na píci nebo na výrobu etanolu se pěstují především obilniny.

Termín setí čiroku připadá na květen, nejlépe v polovině. Výsevek činí 20 kg/ha. Při vysokých výnosech odčerpává čirok velké množství živin. Při pěstování na semeno sejeme čirok do užších řádků (15-40 cm) s výsevkem 30 – 50 kg/ha.

V prvních 40-50 dnech po vzejití je nezbytné zajistit bezplevelný stav z důvodu pomalého počátečního růstu plodiny. Proti jednoděložným lze doporučit Dual Gold 960 EC, proti dvouděložným např. Gesaprim 90 WG apod. Z houbových chorob napadají čirok nejvíce sněti, možností prevence je moření osiva. Ostatní choroby jsou Helminthosporium turcicum Pass., Ascochyta sorghina Sacc., Fusicladium sorghi Pass. Na mladých porostech škodí drátovci, housenky osenice polní. Později v období vegetace se vyskytují listové mšice.

Na hmotu (spalování) je nejlepší doba pro sklizeň konec zimy, kdy mráz rostliny vysuší, problém může nastat se strniskovými zbytky, které mají široký poměr C:N a pomalu se rozkládají. Na zelenou píci je čirok sečen sklízecími řezačkami před metáním, na siláž se kosí na začátku metáni (později rychle dřevnatí a špatně obrůstá). Obvykle dává dvě seče, první podle podnebí koncem června až do poloviny července, druhou od poloviny do konce září.



Obrázek č. 9: Detail čiroku odrůdy Ruzrok

Konopí seté (Cannabis sativa L.)

V metodice Bjelková a kol. (2017) je o produkci konopí uvedeno, že pěstování konopí je zaměřeno na výrobu jakostního a pevného vlákna i pro získání semene. Konopí (Cannabis sativa L.) je plodina, která je důležitá jak z hlediska potravinářského jako zdroj cenných živin, tak jako zdroj farmaceutických výrobků (horní část rostliny, semena olej) a také jako technická plodina (vlákno, biomasa, fytoremediace). Konopí seté je vhodnou biodegradovatelnou průmyslovou a krmivářskou surovinou nezanechávající jakýkoliv odpad a škodlivé zbytky, a naopak plodinou zvyšující biodiverzitu zemědělské výroby a rozšiřující osevní sled. V současné době stojí za povšimnutí i fakt, že konopí patří k plodinám, které prakticky nevyžadují žádné chemické zásahy proti plevelům. Rychle rostoucí mohutný porost konopí je schopen sám potlačit růst plevelů, a proto je tato kultura vhodná nejen pro běžné, neorganické zemědělství, ale i pro organické bio farmy. Technické odrůdy konopí se pěstují v méně příznivé výrobní oblasti, ale s vysokým výtěžkem biomasy. V současné době je známo mnoho nových odrůd, které jsou komerčně pěstovány, jako jsou odrůdy USO 31, TYGRA, BIALOBRZIESKIE atd.

Celosvětově se konopí pěstuje na cca 280 000 hektarech, v západní Evropě 17 800 ha (zejména ve Francii). Od 1. 1. 1999 existuje č. 167/98 zákon „O návykových látkách“, který upravuje pěstování máku a konopí. § 24a zákona zakazuje pěstovat druhy a odrůdy konopí (rod Cannabis), které mohou obsahovat více než 0,2 % látek ze skupiny THC (tetrahydrokanabinolů). § 29 nařizuje ohlašovací povinnost osob pěstujících mák nebo konopí. Osoby pěstující mák nebo konopí na celkové ploše větší než 100 m^2 jsou povinny nahlásit místně příslušnému územnímu odboru. Semeno se využívá v potravinářském průmyslu (výroba tuků, pivo), chemickém průmyslu (mýdlo, barvy, laky), v textilním průmyslu, lékařství (fytin – chudokrevnost) v kosmetice atd. Konopí se dá pěstovat v oblastech s různou zeměpisnou šířkou, neboť je velmi přizpůsobivé. V prvním období růst vyžaduje konopí dostatek vláhy, později dokáže odolávat přechodnému suchu. Je náročné na půdní podmínky, nejlépe mu vyhovují úrodné, hluboké, hlinité či písčitohlinité půdy s nízkou spodní vodou, dobře vyhnojené a bohatě zásobené humusem. Nové odrůdy povolené k pěstování v zemích EU, které mají požadovaný obsah THC pod 0,3 % jsou Carmagola, CS, Delta 405, Delta Lolsa, Epsilon 68, Fedora, Fedrina, Felina, Ferimon, Fibranova, Fibrimon 24, Fimbimon 56, Futura, Santhica 23. Nově povolené odrůdy od EU – Fasamo (raně zrající), Kompolti (pozdě zrající, vysoký výnos stonků).

Technologie pěstování

Mezi nejvhodnější předplodiny konopí patří okopaniny, kukuřice, luskoviny, jetel a vojtěška. Snaží i pěstování po sobě, je samo o sobě dobrou předplodinou, jelikož zanechává půdy čistou a v dobrém stavu. Konopí lze pěstovat na zúrodněných slatinách, rozoraných loukách či vysušených rybnících.

Konopí je též náročné na živiny, musí se hnojit průmyslovými či statkovými hnojivy. Při pěstování konopí pro energetické účely se na podzim provede orba do hloubky 25-30 cm. Setí

probíhá v polovině dubna či začátkem května. Počáteční růst je rychlý, plodina je brzy olistěná a při hustším výsevu potlačuje velmi dobře plevele. Při větším napadení dvouděložnými plevely lze použít herbicidy jako jsou Synfloran 48 EC nebo Treflan 48 EC aplikovaný před setím nebo Afalon 45 SC aplikovaný ihned po zasetí. Konopí je poměrně odolné vůči chorobám a škůdcům. Může mu škodit dřepčík chmelový (Psylliodes attenuata Koch.), housenky můry gama (Autographa gamma L.), mšice konopná (Phorodon Cannabis Pass.) a zavíječ kukuřičný (Ostrinia nubilalis Hubn.). Z chorob můžeme vyjmenovat plíseň šedou (Botrytis cinerea Pers.), fuzarióza Giberella pulicaris (Fr.) Sacc. a některé virové choroby.

Sklizeň

Sklizeň je v současné době slabším článkem pěstování konopí, protože chybí vhodná mechanizace v ČR. Sklizeň- sečení stonku Při netradičním způsobu pěstování se konopí seče speciálními žacími stroji nebo žacími řezačkami. V ČR byl vyvinut a byl v provozu 3lištový žací stroj TEBECO. V současné době je tento stroj prodán mimo území ČR a pro pěstitele konopí u nás není dostupný. Z důvodu jeho kvalit je proto jeho charakteristika uvedena. Sekací stroj značky CLIPER - výrobce TEBECO s prstovým sekacím mechanismem a zubatým ostřím u sekacích žabek. Tato žací lišta se skládá ze tří sekacích lišt uložených na poloneseném rámu. První lišta je ve výšce 190 cm nad zemí a je předsunuta o 120 cm před druhou sekací lištu, která je 100 cm nad zemí a je předsunuta o 120 cm před třetí sekací lištu, která jede po plazu po zemi ve výšce 10 cm nad zemí. Poslední sekací lišta má možnost kopírovat terén v příčném směru vůči pojezdu a v podélném směru kopíruje terén celý stroj a to jak na podvozku, tak na dvoubodovém uchycení k traktoru. Výška stroje je nastavitelná na podvozku stroje, který je zavěšen na paralelogramu a je ovládán přímočarým hydromotorem z kabiny traktoru, dále pak je možné výšku nastavovat na dvoubodovém závěsu traktoru. Kombinací obou zdvihů je možné nastavovat sklon žacích lišt. Spodní, tedy třetí žací lišta má na špici plaz, který slouží ke kopírování terénu, tedy na patě kosy dochází ke kopírování přes rám celého stroje, který je uchycen - zavěšen na podvozku. V případě standardního porostu se pojezdová rychlost pohybovala mezi 9 - 15 $km.h^{-1}$ při záběru 3,6 metru. Délka žacích lišt byla 4,1 metru.

Žací lišta HMG2- 240 – vyvinutá v Německu. Tento stroj se skládá ze dvou sekacích lišt, které jsou nesené na traktoru. První lišta je nesena vpředu na traktoru ve výšce 120 cm, (tato výška je stavitelná při posunování lišty po rámu). Zadní lišta je nesena v závěsném tříbodovém systému traktoru. Výška zadní lišty je stavitelná tříbodovým systémem traktoru a výškou plazu. Při sečení byla zadní lišta nastavena na výšku 10 cm od země. Tato lišta má možnost náklonu v příčném směru vůči pojezdu a v podélném směru je náklon možné nastavit na tříbodovém závěsném mechanismu. Obě tyto lišty mají bezprstý protiběžný sekací mechanismus. Vzdálenost sekacích lišt za sebou je závislá na délce traktoru. Pojezdová rychlost stroje byla 5-12 $km.h^{-1}$ při záběru 2,2 m. Délka žacích lišt byla 2,5 metru. Termín sečení je v obou případech shodný a platí, že pro získání kvalitního vlákna musí být uskutečněn 1 - 2 týdny po počátku květu samčích rostlin a pro produkci suché hmoty a jednotného vlákna při zelené zralosti semen nebo prvních semenech tvrdých, jak ukazuje charakteristika fází růstu.

Posklizňová úprava stonku

Při posklizňové úpravě a skladování stonku/slámy je potřeba dodržet několik základních zásad, jejichž cílem je zabránit ztrátám. Hlavní zásadou, od které se všechny posklizňové operace odvíjejí, je včas dosáhnout vhodného obsahu vody cca 15 % a minimalizovat tak riziko vzniku nežádoucích biologických a chemických pochodů. Nejvhodnějším způsobem, jak optimálního stavu dosáhnout je otočení a načechrání konopné slámy. Ideální je samozřejmě co nejtenčí vrstva. Pokud ke snížení obsahu vody nedojde včas, hrozí znehodnocení slámy/stonku ve smyslu rozvoje rozkladných mikroorganismů. Lisování slámy v optimálních podmínkách probíhá v podzimním termínu, ale vzhledem k pozdní sklizni některých odrůd konopí setého může být využita i sklizeň v jarním termínu.



Obrázek č. 10: Dozrávající rostlina konopí setého Cannabis sativa L.

LITERATURA

1. STŘEDOVÁ, H., STŘEDA T., ROŽNOVSKÝ, J., CHUCHMA, F., VOPRAVIL, J. (2021): Metodika vymezování klimatických regionů v rámci systému bonitovaných půdně ekologických jednotek. MENDELU, Brno, 20 s.
2. STŘEDOVÁ, H., ČECHURA, L., CHUCHMA, F., KHEL, T., SLABOCH, J., SPÁČILOVÁ, B., STŘEDA T., VOPRAVIL, J. (2024) Bonitace půd pro 21. století. MENDELU, Brno, 57 s.
3. MAŠÁT, K., NĚMEČEK, J., TOMIŠKA, Z. (2002): Metodika vymezování a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. VÚMOP, Praha, 113 s.
4. VOPRAVIL, J. a kol. (2021) Bonitace zemědělského půdního fondu, Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek VÚMOP, Praha, 172 s.
5. BJELKOVÁ, M. ŠMIROUS, P. VRBOBÁ, M. VACULÍK, A. (2017): Komplexní metodika pro pěstování konopí setého, AGRITEC, výzkum, šlechtění a služby, s.r.o., 70 s.

ZÁVĚR

Studie poskytuje ucelenou analýzu teoretického výnosového potenciálu fytomasy v Ústeckém kraji s využitím nových metodických přístupů reflektujících současné klimatické změny. Výsledky potvrzují významný potenciál regionu pro produkci energetické biomasy, který může efektivně přispět k energetické transformaci kraje.

Na základě výstupů studie byla vytvořena interaktivní aplikace, která umožňuje nejen vizualizaci, ale i pokročilé analýzy potenciálu fytomasy na vybraném území, což z ní činí cenný nástroj pro rozhodování o optimálním využití zemědělských půd pro energetické účely.

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK A OBRÁZKŮ

Tabulka č. 1: Energetická výtěžnost a příklady výnosů do kalkulace započítaných druhů energetické fytomasy

Tabulka č. 2: Příklady testovaných jednoletých a vytrvalých plodin vhodných pro energetickou konverzi

Tabulka č. 3: Výnosy plodin pro nejvyšší hodnotu výnosovosti ve třech výnosových hladinách

Tabulka č. 4: Výměry plánovaných rekultivací do roku 2060

Tabulka č. 5: Kategorie využití zemědělských půd v ÚK

Tabulka č. 6: Fytomasa technických plodin, slámy a sena z TTP a energetická výtěžnost v ÚK

Obrázek č. 1: Původní klimatické regiony ČR dle metodiky Mašát a kol. (1974, 2002)

Obrázek č. 2: Nové klimatické regiony ČR podle metodiky (Středová a kol. 2021)

Obrázek č. 3: Ústecký kraj s novou kategorizací klimatických regionů podle Středová a kol. (2021)

Obrázek č. 4: Snímek teoretických výnosů vybraných plodin na území Ústeckého kraje

Obrázek č. 5: Umístění bioplynových stanic na území Ústeckého kraje. Zdroj: České bioplynové asociace (CBA)

Obrázek č. 6: Chrastice rákosovitá Phalaris Arundinacea L.

Obrázek č. 7: Květenství mužáku prorostlého *Silphium perfoliatum* **L.**

Obrázek č. 8: Porost ozdobnice Miscanthus sinensis N. J. Andersson

Obrázek č. 9: Detail čiroku odrůdy Ruzrok

Obrázek č. 10: Dozrávající rostlina konopí setého Cannabis sativa L.

PŘÍLOHY

Příloha č.1: Body výnosovosti pro klimatické regiony (KR) a hlavní půdní jednotky (HPJ) Ústeckého kraje - tabulka redukčních koeficientů

HPJ	KR 1	KR 2	KR 3	KR 4	KR 5	KR 6	KR 7	KR 8
1	88,9	96,8	96,4					
2		97,5	97,2					
3	86,1	94,0	93,7					
4	60,9	68,8	68,5					
5	67,8	75,7	75,4					
6	88,6	96,5	96,2					
7	76,0	83,9	83,6					
8	89,6	97,5	97,1	87,7	87,9			
9								
10	90,0	97,9	97,6	88,1				
11		97,5	97,2	87,8		89,5		
12		97,9	97,6	88,1	88,4			
13		76,1	75,8	66,3	66,6			
14		96,9	96,6	87,2	87,4			
15			97,2	87,8	88,0	83,8		
16								
17			72,7					
18		70,6	70,3					
19	67,6	75,5	75,2	65,8				
20	53,3	61,2	60,9	51,4	51,7	53,2		
21	59,0	66,9	66,5	57,1	57,3	58,9		
22	62,3	70,2	69,9	60,5	60,7	62,2		
23		78,8	78,5	69,0	69,3	70,8		
24								
25		79,4	79,1	69,6				
26		78,6	78,3	68,8				
27			71,1					
28	79,9	87,8	87,5	78,0	78,3	79,8	74,1	
29		74,3	74,0	64,5	64,8	66,3		
30		76,8	76,5	67,1	67,3	68,9	63,2	
31	59,4	67,2	66,9	57,5	57,7	59,2	53,6	
32		69,5	69,2	59,7	60,0	61,5	55,8	
33		85,5	85,1					
34						61,5	55,8	55,1
35						70,6	64,9	65,8
36				60,0	61,5	55,8	55,4	
37	53,1	61	60,6	51,2	51,5	52,9	47,3	
38		62,7	53,2	53,5	55,0			
39	30,6	38,5	38,2	28,7	29,0	30,5		
40	59,8	67,6	67,3	57,9	58,1	59,6	54,0	49,4
41	65,9	73,7	73,4	64,0	62,2	65,7	60,1	55,5

HPJ	KR 1	KR 2	KR 3	KR 4	KR 5	KR 6	KR 7	KR 8
42		93,4	93,1		83,9			
43				78,0	78,3	79,8		
44			83,8	74,3	74,6	76,1		
45			84,3	74,9	75,1			
46			80,0	70,5	70,8	72,3	66,6	
47		75,5	66,0	66,3	67,8	62,1	60,1	
48		66,2	65,8		56,6	58,2		
49		59,4	49,9	50,2		46,0	41,4	
50		68,3	67,8	58,4	58,6	60,2	54,5	49,9
51		69,5	69,2	59,8		61,5		
52		76,0	75,7	66,5	62,3	57,7		
53		67,6	67,3	57,8		53,9		
54		70,6	70,3	60,8	61,1	62,6		
55	61,2	69,1	68,8	59,3	59,6			
56	88,4	96,3	96,0	86,5				
57	75,6	83,5	83,2	73,7				
58	65,1	73,0	72,7	63,2	63,5	65,0		
59	56,7	64,6	64,3	54,8		56,6		
60		96,3	96,0					
61	75,8	83,7	83,4	73,9				
62		90,0	89,6	80,2				
63		73,7	73,4	64,0				
64		72,8	72,4	63,0	63,2	64,8	59,1	
65		63,9	63,6		54,4			
66		50,8	50,5	41,3	37,2	32,6		
67		51,3	51,0	41,5	41,8	43,3	37,6	
68		32,0	31,7	22,3	22,5	24,1	18,4	
69		29,8	29,5	20,0	20,3	21,8	16,1	
70	25,3	33,2	32,9	23,4	23,7	25,2		
71		33,2	32,9	23,4	23,7	25,5	19,5	14,9
72		28,1	27,8	18,3	18,6	20,1	14,4	
73		27,5	17,8	18,1	19,6	13,9	9,3	
74		27,2	18,1	19,6	13,9	9,3		
75		59,4	50,0	50,2	51,7	46,0	41,5	
76			40,2			32,5		
77	52,5	60,4	60,0	50,6	50,8	52,4	46,7	
78		60,4	60,0	50,6	50,8	52,4	46,7	42,1
83		x						
86		x	x					

Příloha č.2: Postup zpracování dat v ArcGIS Pro

Vstupy:

Vstupy do analýzy představují polygony BPEJ od Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd, v.v.i (VÚMOP), klimatické regiony dle kolektivu MENDELU (Středová a kol. 2021), půdní bloky dle LPIS – Veřejného registru půd, tabulka výnosovosti plodin a tabulka redukčních koeficientů a polygonová vrstva územních celků Ústeckého kraje.

Tabulka č. 1: Výnosovost plodin při koeficientu 100 (bez redukce)

Plodina ve výnosovosti (100 bodů)	min. (t/ha)	prům. (t/ha)	max. (t/ha)	výhřevnost (MJ/kg)
Sláma obilovin	3	4	5	14
Sláma řepková	4	5	6	13,5
Konopí seté Cannabis sativa L.	8	10	12	14,5
Čirok obecný (Sorghum bicolor (L.) MOENCH)	12	14	15	15
Mužák prorostlý Silphium perfoliatum L.	12	15	17	16,5
Miscanthus sinensis giganteus	12	14	16	17
Energetické seno – extenzivní	2	3	4	12
	85% sušina - 15% vlhkosti			

Tabulka č. 2: Tabulka redukčních koeficientů pro výnosy dle HPJ a klimatického regionu – výřez

Klimatický region - rekukční koeficienty											
HPJ	KR 1	KR 2	KR 3	KR 4	KR 5	KR 6	KR 7	KR 8		KOD (HPJ_KR)	HODNOTA
1	88,9	96,8	96,4							1_1	88,9
2		97,5	97,2							1_2	96,8
3	86,1	94,0	93,7							1_3	96,4
4	60,9	68,8	68,5							1_4	Null
5	67,8	75,7	75,4							.....	.....
6	88,6	96,5	96,2							2_2	97,5

Výnosovost plodin se liší v závislosti na BPEJ rep. HPJ a klimatickém regionu. Každou kombinaci HPJ a klimatického regionu představuje hodnota redukčního koeficientu. Touto hodnotou je nutné vynásobit výnosy v tabulce výnosovosti plodin.

Potenciál biomasy byl stanoven pro zemědělsky obhospodařovanou půdu na území Ústeckého kraje pro půdní bloky dle LPIS – Veřejného registru půdy.

Postup:

Průnik polygonové vrstvy BPEJ (HPJ) a klimatických regionů byl oříznut a rozdělen dle půdních bloků (LPIS) a územních jednotek – obcí. (*nástroje Intersect a Clip*).

Pole s kódy HPJ a klimatického regionu (KR) byly sloučeny do pole nového – kód kombinace HPJ_KR. Byla připojena tabulka s hodnotami redukčních koeficientů pro kombinace HPJ_KR. HPJ_KR slouží jako klíč k propojení tabulek (*Join*). Následně jsou vypočteny hodnoty výnosů redukované dle koeficientů, celkové výnosy pro dané polygony a energie v palivu (J).

Analýza byla provedena pouze pro půdní bloky s vhodnými kulturami. Pro trvalé travní porosty a travní porost na orné půdě je uvažováno pouze využití energetického sena. Pro

ornou půdu a úhor jsou uvažovány energetické plodiny a posklizňové zbytky. Ostatní kultury jsou z analýzy vyjmuty (např. ovocné sady, chmelnice apod.).

Antropogenní půdy byly z analýzy vyňaty. V aktuální metodice VOPRAVIL, J. a kol. (2021) Bonitace zemědělského půdního fondu, Metodika mapování a aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek chybí postupy hodnocení těchto erozí a antropogenní činností vzniklých půd. Proto v kategorizaci hlavních půdních jednotek dosud tyto půdní typy zahrnuty nejsou.

Analýza nebyla provedena pro plochy, kde v polygonech obhospodařovaných ploch nejsou evidovány BPEJ, jelikož klíčem k určení výnosovosti je kombinace hlavní půdní jednotky (HPJ) a klimatického regionu.

Byla vytvořena aplikace v ExperienceBuilderu na ArcGIS online, kde lze na základě zvolených kritérii získat výnosy a množství energie v palivu pro vybrané plodiny, posklizňové zbytky a trvalé travní porosty pro různé územní celky, uživatele, kultury na PB, zdroje biomasy a jejich kombinace.