

# **BIOMASA TRAVNÍCH POROSTŮ JAKO OBNOVITELNÝ ZDROJ ENERGIE BIODIVERZITA-BIOMASA-BIOPLYN**

# **BIOMASA UŻYTKÓW ZIELONYCH JAKO ODNAWIALNE ŹRÓDŁO ENERGII BIORÓŻNORODNOŚĆ-BIOMASA-BIOGAZ**

**VILÉM PAVLŮ, ZYGMUNT KAČKI,  
KLÁRA KAJZROVÁ, MATUSZ MESERSZMIT, LENKA PAVLŮ, EWA STEFAŃSKA-KRZACZEK,  
GRZEGORZ SWACHA, JAN TITĚRA, PIOTR WASIAK**









AUTOŘI / AUTORZY: <sup>1,2</sup>Vilém Pavlů, <sup>3</sup>Zygmunt Kącki, <sup>2</sup>Klára Kajzrová, <sup>3</sup>Matusz Meserszmit, <sup>1,2</sup>Lenka Pavlů, <sup>3</sup>Ewa Stefańska-Krzaczek, <sup>3</sup>Grzegorz Swacha, <sup>1</sup>Jan Titěra, <sup>4</sup>Piotr Wasiak

<sup>1</sup>Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha-Ruzyně

<sup>2</sup>Česká zemědělská univerzita v Praze

<sup>3</sup>Uniwersytet Wrocławski

<sup>4</sup>Sudeckie Towarzystwo Przyrodnicze

AUTOŘI FOTOGRAFIÍ / AUTORZY FOTOGRAFII: Grzegorz Swacha, Sławomir Jabłoński  
GRAFICKÁ ÚPRAVA A PŘEDTISKOVÁ PŘÍPRAVA / PROJEKTOWANIE GRAFICZNE I PRZYGOTOWANIE  
DO DRUKU: Tomáš Jůnek

© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2021

ISBN: 978-80-7427-354-4

Publikace vznikla za finanční podpory EU – Evropského fondu pro regionální rozvoj programu Interreg V-A Česká republika – Polsko. / Publikacja powstała przy wsparciu finansowym Unii Europejskiej - Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach programu Interreg V-A Republika Czeska - Polska. Číslo projektu/Numer projektu: CZ.114.120/0.0/0.0/16\_026/0001092



## Definice a funkce travních porostů

Travní porosty jsou definovány jako nelesní typ bylinné vegetace s převahou trav nebo dvouděložných bylin a rostlin, které se trávám podobají, jako jsou například sítiny a ostřice. Na většině území Evropy včetně Polska a Česka převažují polopřirozené travní porosty, které jsou sekundárními společenstvy, protože přirozenou vegetaci v mírném pásmu je opadavý listnatý les. Travní porosty jsou úzce vázány na život člověka od doby, kdy lidstvo začalo obdělávat půdu a chovat zvířata. Jinými slovy, jsou to člověkem vytvořené ekosystémy, které se vyvíjely po tisíciletí v důsledku pastvy domácích hospodářských zvířat, sečení nebo kombinace pastvy a sečení.

Polopřirozené travní porosty jsou známy jako jeden z druhově nejbohatších ekosystémů v Evropě. Jejich struktura a typ se mění v závislosti na podmínkách prostředí (půdní typ a druh, pH a vlhkost půdy, dostupnost živin, množství srážek, teplota), na způsobu a intenzitě obhospodařování a dalších činnostech jako jsou výsev kulturních trav a jetelovin, hnojení a meliorace (odvodňování a zavlažování). Travní porosty se nacházejí na suchých i vlhkých stanovištích, na chudých i na živiny bohatých půdách, na půdách kyselých i zásaditých, porost může být nízký nebo vysoký, s převahou trav nebo bylin atd. Spásané travní porosty se nazývají pastviny, zatímco pravidelně sečené porosty se označují jako louky.

Travní porosty jsou biotopem mnoha živých organismů, například pro houby, rostliny, hmyz, ptáky a savce. Travinná vegetace je tvořena druhy rostlin s rozvinutými adaptacemi na neustálé odstraňování nadzemní biomasy pastvou nebo sečením. Schopnost obrůstání travního porostu po pravidelné defoliaci (pastva, sečení) z nich činí obnovitelný zdroj biomasy.

Travní porosty jsou velmi významné, protože poskytují širokou škálu ekosystémových služeb, mezi které patří například zadržování vody, zabraňování erozi půdy a zmírňování klimatických změn. Také mnoho hmyzích opylovačů, včetně včel, je závislých na travních porostech. Kromě toho druhově bohaté travní porosty mají značnou estetickou hodnotu, a tím činí ze Sudet atraktivní turistické místo.

## Definice i role zbiorowisk trawiastych

Zbiorowiska trawiaste definiujemy jako nieleśny typ roślinności zdominowany przez trawy i rośliny dwuliścienne (zioła) oraz rośliny z wyglądu przypominające trawy, takie jak sity i turzycy. Na większości obszarów Europy, także w Polsce i Czechach, zbiorowiska trawiaste mają przede wszystkim charakter półnaturalny. Oznacza to, że są to zbiorowiska zastępcze dla

roślinności naturalnej, którą w umiarkowanej strefie klimatycznej stanowią głównie lasy liściaste. Zbiorowiska trawiaste są ściśle powiązane z życiem człowieka od czasu, gdy ludzkość zaczęła uprawiać ziemię i hodować zwierzęta. Innymi słowy, są to ekosystemy stworzone przez człowieka, które rozwijały się przez tysiąclecia w efekcie wypasania bydła i koszenia runi na siano.

Półnaturalne zbiorowiska trawiaste to jedne z najbogatszych w gatunki ekosystemów w Europie. Ich struktura i wygląd różnią się w zależności od warunków środowiskowych (pH oraz typu gleby i jej wilgotności, dostępności składników odżywczych, opadów, temperatury) oraz rodzaju i intensywności użytkowania, a także od innych zabiegów jak np. nawożenie, melioracje (odwadnianie i nawadnianie), wysiewanie pożądanych traw i roślin strączkowych. Czynniki te decydują o składzie zbiorowisk, ich bogactwie gatunkowym i zróżnicowaniu. Użytki zielone występują na siedliskach suchych i wilgotnych, na glebach ubogich lub bogatych w składniki odżywcze, kwaśnych lub zasadowych, a ich run może być bardzo zróżnicowana – niska lub wysoka, z licznymi gatunkami traw lub ziół. Zbiorowiska zgryzane przez zwierzęta znane są jako pastwiska, a regularnie koszone określane są terminem łąka.

W zbiorowiskach trawiastych występuje wiele organizmów – grzybów, roślin, owadów, ptaków i ssaków. Roślinność użytków zielonych budują rośliny terenów otwartych wykazujące zaawansowane przystosowania pozwalające żyć na siedliskach poddanych ciągłej presji człowieka. Rośliny te są odporne na utratę części asymilacyjnych, co czyni je odnawialnym źródłem biomasy.

Użytki zielone są również niezwykle ważne dla człowieka, ponieważ świadczą liczne usługi ekosystemowe. Utrata zbiorowisk trawiastych może prowadzić do zaniku pszczoł i wielu innych owadów zapylających. Ponadto, użytki zielone zatrzymują wodę, zapobiegają erozji gleby i regulują klimat. Odpowiadają także za wyjątkowe walory estetyczne terenów turystycznych, w tym wielu pasm Sudetów. Najpiękniejsze są użytki zielone bogate w zioła, ponieważ w okresie wegetacyjnym możemy obserwować efektowne kobierce kwitnących kwiatów. Krajobrazy bogate w łąki i pastwiska przyciągają turystów i sprawiają, że Sudety są wspaniałym miejscem do uprawiania turystyki pieszej, rowerowej lub konnej.



Pravidelně sečené travní porosty v Sudetech /  
Regularnie koszone zbiorowiska trawiaste  
Sudetów (foto/fot: Grzegorz Swacha)



## Ohrožení travních porostů a jejich ochrana

Mnoha typům travních porostů dnes hrozí zánik. V době intenzifikace zemědělství ztratily svůj význam jako hlavního zdroje krmiva pro hospodářská zvířata. Pastva hospodářských zvířat se stává vzácností, a to i v typické venkovské krajině. Sečení luk a sběr sena již často není pro zemědělce přínosem, protože intenzivně chovaná hospodářská zvířata (např. dojnice) jsou převážně krmena kukuřičnou siláží a jadrným krmivem. V současnosti lze v celé Evropě pozorovat rostoucí trend neobhospodařování travních porostů, který vede ke změnám ve struktuře porostu. Výrazné změny v druhovém složení rostlin lze pozorovat už v krátkém období 2 až 3 let od zanechání obhospodařování. Změny začínají obvykle zvyšováním pokryvnosti několika málo konkurenčně silných druhů rostlin (vysoké trávy a byliny). Zarůstání travních porostů je často také doprovázeno pronikáním invazních druhů rostlin například zlatobýlu obrovského. Bez ohledu na to, zda v opuštěných travních porostech začnou převládat původní nebo invazní druhy, nakonec zde dochází ke snížení druhové rozmanitosti rostlin, které má v konečném důsledku negativní dopad i na ostatní organismy žijící v těchto biotopech. V konečné fázi zarůstání neobhospodařovaných travních porostů zcela převládnou keře a stromy a zároveň ubývají druhy typické pro travní porosty. Obnova travních porostů je v této fázi časově i finančně náročná.

Dalším nepříznivým trendem je přeměna travních porostů na pole, po které dojde k zániku travního biotopu a tím i ztrátě původní diverzity. Je však důležité zdůraznit, že horské travní biotopy nejsou touto přeměnou ohroženy, protože většinou nejsou vhodné pro polaření. Proto zanechání nebo naopak zvýšení intenzity obhospodařování (sečení a pasení) jsou hlavní příčinou ohrožení travních porostů v Sudetech.

Vzhledem k tomu, že travní porosty vznikly a jsou udržovány lidskou činností, je nutné jejich neustálé obhospodařování, aby se zachovala jejich druhová bohatost a rozmanitost. Při současném nižším významu travních porostů jako krmiva je pro jejich zachování v krajině nutné najít smysluplné využití travní biomasy.

## Zagrożenia i ochrona zbiorowisk trawiastych

Wiele typów zbiorowisk trawiastych jest obecnie zagrożonych wyginięciem. W dobie intensyfikacji rolnictwa użytki zielone straciły zainteresowanie rolników. Wypas bydła staje się rzadkością, nawet w typowo wiejskich krajobrazach. Koszenie łąk i pozyskiwanie siana jest nieopłacalne, ponieważ zwierzęta hodowlane (np. krowy mleczne) karmione są przeważnie paszą z kukurydzy. W związku z tym w całej Europie obserwuje się rosnący trend porzucania użytków zielonych. Zaprzeszczenie wypasu lub koszenia prowadzi do zarastania zbiorowisk trawiastych. Zauważalne zmiany w składzie gatunkowym obserwuje się dość szybko, nawet 2-3 lata po porzuceniu użytkowania. Początkowo zaczynają rozrastać się konkurencyjne gatunki roślin. Najczęściej po zaniechaniu użytkowania zaczynają dominować wysokie trawy lub zioła. Zarastanie użytków zielonych związane jest też często z wkraczaniem roślin obcych geograficznie. Jedną z najbardziej rozpowszechnionych roślin inwazyjnych jest nawłóć późna. Niezależnie jednak od tego, który gatunek (rodzimy czy obcy) zaczyna dominować na opuszczonych zbiorowiskach trawiastych, następuje zmniejszenie różnorodności roślin, co wpływa niekorzystnie na wszystkie organizmy związane z użytkami zielonymi. W końcowej fazie zarastania dominację przejmują krzewy i drzewa. Na tym etapie sukcesji gatunki łąkowe zanikają, a odbudowa zbiorowiska jest czasochłonna i kosztowna.

Innym niekorzystnym trendem jest przekształcanie użytków zielonych w pola uprawne. Taka działalność powoduje całkowitą utratę bioróżnorodności zbiorowiska trawiastego. Należy jednak podkreślić, że siedliska łąk i pastwisk górskich, zwłaszcza na większych wysokościach, nie są z reguły korzystne dla uprawy zbóż lub roślin okopowych. Zatem to zaniechanie koszenia i wypasu lub znaczące zwiększenie ich intensywności są wskazywane jako główne zagrożenia niezwyklej bioróżnorodności zbiorowisk trawiastych Sudetów.

Zbiorowiska trawiaste powstały wskutek działalności człowieka, wymagają zatem ciągłego użytkowania, aby możliwe było utrzymanie ich bogactwa gatunkowego i zróżnicowania. Aby skutecznie chronić bioróżnorodność użytków zielonych i zachować je w krajobrazie dla przyszłych pokoleń, konieczne jest nieustanne wykorzystywanie produkowanej przez nie biomasy. Ochrona łąk i pastwisk opiera się więc na utrzymywaniu umiarkowanego użytkowania – ekstensywnego koszenia lub wypasu oraz nawożenia.



Neobhospodařované travní porosty v Sudetech /  
Porzucone zbiorowiska trawiaste Sudetów  
(foto/fot: Grzegorz Swacha)





### **Alternativní využití sena z travních porostů**

Z ekonomického hlediska je obhospodařování travních porostů v současné době nevýhodné, protože posečená biomasa už neslouží jako zdroj krmiva, jako tomu bylo v minulosti. Mnoho zemědělců a správců pozemků využívá finanční prostředky z fondů Evropské unie, které podporují extenzivní obhospodařování travních porostů (sečení, pasení nebo hnojení). Tyto finanční prostředky podpořily mnoho zemědělců, aby pokračovali v tradičním obhospodařování travních porostů. Problém s využitím travní biomasy však stále není vyřešen. Jelikož není snadné změnit ekonomická pravidla, je potřeba stále hledat alternativní využití travní biomasy. Řešením této problematiky se proto v tomto projektu zabýval tým z Česka a Polska složený z pracovníků vysokých škol (Česká zemědělská univerzita v Praze; Uniwersytet Wrocławski), vědecké instituce (Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha-Ruzyně) a nevládní organizace (Sudeckie Towarzystwo Przyrodnicze). Finanční prostředky z programu spolupráce Interreg V-A Česko a Polsko umožnily výzkum zaměřený na zjištění potenciálu biomasy sklizené z luk pro výrobu bioplynu. Cílem výzkumu bylo posoudit potenciál nadzemní biomasy z různých mezofilních lučních porostů v Sudetech pro výrobu bioplynu. Tyto porosty jsou často ohroženy neobhospodařováním, nebo naopak nadměrnou intenzifikací, popř. přeměnou na ornou půdu či les.

Získané poznatky by měly přesvědčit potenciální investory, aby zvážili zřízení nových, nebo podpořili již stávající bioplynové bioreaktory, které by pomohly řešit problémy s využitím travní biomasy v Sudetech. V době narůstajících emisí skleníkových plynů, které vedou k destabilizaci klimatu na naší planetě, by měla být obnovitelná energie z bioplynových bioreaktorů prioritou.

### **Alternatywne wykorzystanie siana z użytków zielonych**

Pozostaje do rozwiązania kwestia, jak zachować ekosystemy trawiaste, jeśli ich główna funkcja, czyli dostarczanie paszy dla zwierząt, nie jest korzystna ekonomicznie. Wielu rolników i użytkowników gruntów korzysta z funduszy Unii Europejskiej, które wspierają umiarkowane użytkowanie zbiorowisk trawiastych (ekstensywne koszenie, wypas i nawożenie). Wsparcie finansowe zachęca do utrzymywania tradycyjnego użytkowania łąk, jednak nie rozwiązuje problemu wykorzystania pozyskanego siana. Ponieważ nie można zmienić panujących zasad gospodarki, należy szukać alternatywnego sposobu wykorzystania biomasy z użytków zielonych. Problem zagospodarowania biomasy łąkowej stał się więc głównym zagadnieniem naszego projektu. Aby znaleźć jego rozwiązanie, zdecydowaliśmy się na współpracę instytucji naukowych z Czech i Polski, a także organizacji pozarządowych (Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha-Ruzyně; Česká zemědělská univerzita v Praze; Uniwersytet Wrocławski; Sudeckie Towarzystwo Przyrodnicze). W ramach programu współpracy Interreg V-A w Czechach i Polsce wystąpiliśmy o środki finansowe do badań potencjału biomasy łąk w produkcji biogazu. Nasze badania miały na celu ocenę potencjału biogazowego sudeckich siedlisk łąkowych, które są zagrożone z powodu zaniechania lub intensyfikacji użytkowania oraz zalesiania lub przekształcania w grunty orne.

Mamy nadzieję, że nasze wyniki zachęcą potencjalnych inwestorów do rozważenia budowy lokalnych bioreaktorów biogazowych lub wykorzystania już istniejących bioreaktorów, co umożliwiłoby rozwiązanie problemu wykorzystania biomasy z użytków zielonych Sudetów.

Pozyskiwanie energii odnawialnej z bioreaktorów biogazowych powinno stać się priorytetem w czasach wywołanej przez człowieka ogromnej emisji gazów cieplarnianych, która prowadzi do destabilizacji klimatu na naszej planecie.

### Co je bioplyn a jak se liší od fosilních paliv?

Bioplyn je směs plynů produkovaná mikroorganismy při fermentaci organických sloučenin. Bioplyn lze vyrábět z různých substrátů, které obsahují organický materiál. Příkladem takových substrátů jsou zemědělské a potravinářské odpady, hnůj, komunální odpadní vody a rostlinný materiál. Výroba bioplynu probíhá anaerobní fermentací za použití substrátu a inokula. Inokulum obsahuje vysoký počet aktivních mikrobů, kteří přeměňují organickou hmotu na bioplyn. Složení plynu se může lišit v závislosti na zdroji, ale hlavní složkou je metan. Bioplyn je obnovitelný nosič energie, který může nahradit fosilní paliva a může být využíván k pohonu automobilů nebo k výrobě tepla a elektřiny.

Používání fosilních paliv, zejména uhlí a ropy je škodlivé pro životní prostředí, při jejich spalování se do atmosféry uvolňuje oxid uhličitý a další skleníkové plyny, které významně přispívají ke globálnímu oteplování a změně klimatu. Z hlediska ochrany klimatu je používání bioplynu šetrnější než plyn, ropa a uhlí.

Na rozdíl od fosilních paliv je bioplyn obnovitelným a čistším zdrojem energie a jeho výroba je uhlíkově neutrální. Při spalování bioplynu vzniká a následně se uvolňuje oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) pocházející z rostlinné hmoty, která vážala uhlík z atmosféry. Jakmile se oxid uhličitý při spalování bioplynu uvolní do atmosféry, rostliny jej opět mohou využít pro svůj růst. To znamená, že výroba bioplynu z organického materiálu nepřidává do atmosféry další množství oxidu uhličitého.

### Co to jest biogaz i czym różni się od paliw kopalnych

Biogaz to mieszanina gazów wytwarzanych przez mikroorganizmy podczas fermentacji związków organicznych. Biogaz może być wytwarzany z różnych substratów zawierających materiał organiczny, na przykład odpadów rolniczych i spożywczych, obornika, ścieków komunalnych i materiału roślinnego. Produkcja biogazu odbywa się w procesie fermentacji beztlenowej z użyciem substratu i inokulum. Inokulum to zawiesina z dużą liczbą aktywnych drobnoustrojów, które przekształcają materię organiczną w biogaz. W zależności od użytego substratu skład gazu może się różnić, ale jego głównym komponentem jest metan. Biogaz to odnawialne źródło energii, które może zastąpić paliwa kopalne i być wykorzystywane do napędzania samochodów, produkcji ciepła i energii elektrycznej.

Wykorzystanie paliw kopalnych, zwłaszcza węgla i ropy naftowej, jest szkodliwe dla środowiska. Podczas ich spalania do

atmosfery uwalniany jest dwutlenek węgla oraz inne gazy cieplarniane, co znacząco przyczynia się do globalnego ocieplenia i zmian klimatycznych.

Z punktu widzenia ochrony klimatu wykorzystanie biogazu jest znacznie lepsze, bardziej ekologiczne niż gazu, ropy i węgla. W przeciwieństwie do paliw kopalnych, biogaz stanowi odnawialne i czystsze źródło energii, a jego produkcja jest neutralna pod względem emisji dwutlenku węgla. Dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>) wytwarzany i uwalniany podczas spalania biogazu pochodzi z roślin, które wiążą węgiel z atmosfery. Dwutlenek węgla uwolniony z biogazu, zostanie więc ponownie pobrany i wykorzystany przez rośliny do wzrostu. Oznacza to, że produkcja biogazu z materiału roślinnego nie wprowadza do atmosfery nadmiernej ilości dwutlenku węgla.

Tabulka 1. Przykłady wýtężności metanu z różnych rolniczych plodów / Tabela 1. Przykłady uzysku metanu z różnych odpadów rolniczych (Kougias and Angelidaki, 2018)

| Substrát / Substrat                         | Výnos metanu vyjádřený v litrech na kilogram suché organické hmoty / Uzysk metanu w litrach z kilograma suchej masy organicznej |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ječmen / Jęczmień                           | 322–335                                                                                                                         |
| Kukuřičná siláž / Kiszka z kukurydzy        | 270–298                                                                                                                         |
| Ovocný a zeleninový odpad / Owoce i warzywa | 153–342                                                                                                                         |
| Rýže / Życa                                 | 140–360                                                                                                                         |
| Proso / Proso                               | 122–246                                                                                                                         |
| Pšenice / Pszenica                          | 245–319                                                                                                                         |



## **Travní porosty zahrnuté do projektu**

Tento výzkum byl zaměřen na přeshraniční podhorské oblasti Sudet v Česku a Polsku, kde jsou polopřirozené travní porosty jednou z hlavních složek krajiny. Nejčastějším typem travních porostů v celých Sudetech jsou mezofilní louky vyvinuté na minerálních půdách. Mezofilní louky jsou ve směrnici o stanovištích v příloze I (Habitat Annex I Directive) definovány jako nížinné až horské sečené louky, které jsou řazeny do svazů Arrhenatherion (mezofilní ovsíkové louky) a Polygono-Trisetion (Horské trojštětové louky). Oba svazy jsou chráněny v Evropské unii jako stanoviště Natura 2000 (kódy stanovišť 6510 a 6520). Mezofilní ovsíkové louky (Natura 2000, biotop 6510) se vyskytují na živinami dobře zásobených půdách v nižších nadmořských výškách, kde jsou tvořeny především produktivními travami, jako jsou ovsík vyvýšený a srha laločnatá. Dále se vyskytují i na živinami chudších půdách ve vyšších nadmořských výškách, kde jsou dominantními travními druhy kostřava červená a psineček obecný. Na mezofilních loukách se vyskytují také například svízel povázka, škarda dvouletá, bolševník obecný, kakost luční a zvonek rozkladitý. Horské trojštětové louky - (Natura 2000, biotop 6520) se vyskytují na méně až středně úrodných, většinou mělkých půdách v horských oblastech nad 500 m n. m. až po horní hranici lesa. Z trav zde převažují především trojštět žlutavý, psineček obecný a kostřava červená. Dále je tento biotop bohatý na horské druhy bylin jako jsou např. zvonečník klasnatý, pcháč různolistý, škarda měkká čertkusolistá a kakost lesní.

Z obou těchto svazů byly do projektu zahrnuty jak obhospodařované (v současnosti pravidelně sečené), tak neobhospodařované (dlouhodobě opuštěné) porosty. Výskyt keřů a stromů na neobhospodařovaných travních porostech byl pouze nízký, což znamená, že při včasném a vhodném znovuzavedení obhospodařování je stále možnost relativně rychlého návratu k lučním společenstvům. Celkově byly studovány travní porosty na 60ti různých stanovištích v Česku a Polsku (30 obhospodařovaných a 30 neobhospodařovaných). V rámci projektu byly na každém stanovišti zaznamenávány následující parametry: GPS pozice, pH půdy, vlhkost půdy, obsah živin v půdě, výška porostu, výnos, historie způsobu obhospodařování, druhové složení porostu a hmotnostní podíl jednotlivých druhů rostlin. Záměrem tohoto projektu bylo zjistit, kolik bioplynu (konkrétně metanu) lze vyrobit ze sklizené biomasy z jednotlivých typů travních porostů v Sudetech a jak se liší kvalita biomasy z neobhospodařovaných travních porostů od

pravidelně sečených z hlediska potenciální produkce bioplynu.

## **Zbiorowiska trawiaste objęte projektem**

Badaniami objęliśmy górskie użytki zielone położone w Sudetach przy granicy Polski i Czech, gdzie półnaturalne zbiorowiska trawiaste są jednym z głównych elementów krajobrazu. Najpopularniejszym typem użytków zielonych w całych Sudetach są łąki rozwijające się na świeżych glebach mineralnych. Łąki świeże są zdefiniowane w Załączniku I Dyrektywy Siedliskowej jako nizinne łąki kosne i górskie łąki kosne. W naukach o roślinności zalicza się je odpowiednio do związków Arrhenatherion (Nizowe i górskie świeże łąki użytkowane ekstensywnie) i Polygono-Trisetion (Górskie łąki konietlicowe użytkowane ekstensywnie). Są one chronione w Unii Europejskiej jako siedliska Natura 2000 (kod siedlisk 6510 i 6520). Nizowe i górskie świeże łąki użytkowane ekstensywnie (siedlisko 6510) rozwijają się na glebach słabo lub umiarkowanie nawożonych na nizinie i pogórzu i budowane są głównie przez produktywne trawy, takie jak rajgras wyniosły czy kupkówka pospolita. Występują również na glebach uboższych na pogórzu i w niższych położeniach górskich, w tym przypadku dominującymi gatunkami są kostrzewa czerwona oraz mietlica pospolita. Rośliny szeroko rozpowszechnione na łąkach świeżych gleb mineralnych to barwnie kwitnące gatunki zielne: przytulia pospolita, pępawa dwuletnia, barszcz zwyczajny, bodziszek łąkowy i dzwonek rozpierzchły. Górskie łąki konietlicowe użytkowane ekstensywnie (siedlisko 6520) rozwijają się na mniej żyznych, przeważnie płytkich glebach obszarów górskich, powyżej 500 m n.p.m., niemal do górnej granicy lasu. Zbiorowiska te zdominowane są przez trawy, takie jak konietlica łąkowa, mietlica pospolita i kostrzewa czerwona. Siedlisko to bogate jest w górskie gatunki roślin zielnych, takie jak zerwa kłosowa, ostrożeń dwubarwny, pępawa czarcikęsolistna i bodziszek leśny.

W obrębie tych dwóch typów siedlisk przebadaliśmy łąki użytkowane (regularnie koszone) i nieużytkowane (porzucone). Przeanalizowaliśmy łącznie 60 różnych łąk w Polsce i Czechach. W projekcie zaplanowano pomiar parametrów takich jak: pozycja GPS, pH gleby, wilgotność gleby i zawartość składników, pomiar wysokości runi, historii użytkowania, kompozycji gatunkowej oraz uzysku całkowitej biomasy oraz biomasy dominujących gatunków roślin. Porzucone łąki znajdowały się w pierwszych stadiach sukcesji wtórnej, co oznacza, że przy odpowiednim użytkowaniu można zapobiec ich zarastaniu przez gatunki krzewów i drzew. Zaplanowaliśmy projekt tak,

by dowiedzieć się, ile biogazu (w szczególności metanu) można wyprodukować z biomasy zebranej z sudeckich łąk. Chcieliśmy też odpowiedzieć na pytanie: Czy biomasa z porzuconych łąk różni się od biomasy łąk regularnie koszonych w kontekście potencjalnej produkcji biogazu?



Bioreaktory napojené na sběrné vaky na bioplyn používané při měření metanového potenciálu biomasy / Bioreaktory połączone z workami zbiorczymi biogazu wykorzystywane do pomiaru potencjału metanowego biomasy (foto/ fot: Sławomir Jabłoński)

### Terénní a laboratorní výzkum

Použité terénní metody jsou graficky znázorněny na obr. 1. Všechny vzorky byly odebrány před první sečí v daném roce na 30 obhospodařovaných a 30 neobhospodařovaných travních porostech v Česku a Polsku.

Na každém stanovišti byl pomocí pásma vytyčen studijní čtverec 10 m x 10 m. V jeho středu byl vyznačen čtverec 1 m x 1 m (1 m<sup>2</sup>) pro odhad pokryvnosti všech druhů cévnatých rostlin v procentech. Posečená biomasa z této plochy byla následně vložena do sáčku z celulózy uzpůsobeného k převozu do laboratoře, vysušení a přípravě analýzy bioplynu. Testy bioplynového potenciálu byly provedeny v bioreaktorech podle VDI 4630 (VDI 4630, 2006) a byly inkubovány po dobu 21 dnů při teplotě 37 °C.

V každém rohu studijního čtverce byly dále vyznačeny čtverce 0,4 m x 0,4 m (0,16 m<sup>2</sup>).

Z každé plochy o rozloze 0,16 m<sup>2</sup> byla sbírána biomasa jednotlivých druhů rostlin, která byla následně vložena do sáčků pro převoz do laboratoře. Odebrané vzorky biomasy byly předsušeny při pokojové teplotě a poté sušeny v sušárně při teplotě 60 °C po dobu 24 hodin, aby bylo dosaženo konstantního obsahu sušiny (zcela suchý materiál) pro standardizované měření hmotnosti.

Nakonec byl vypočítán výnos biomasy na hektar, podíl jednotlivých druhů rostlin a produkce bioplynu na kg sušiny a na hektar.

### Badania terenowe i laboratoryjne

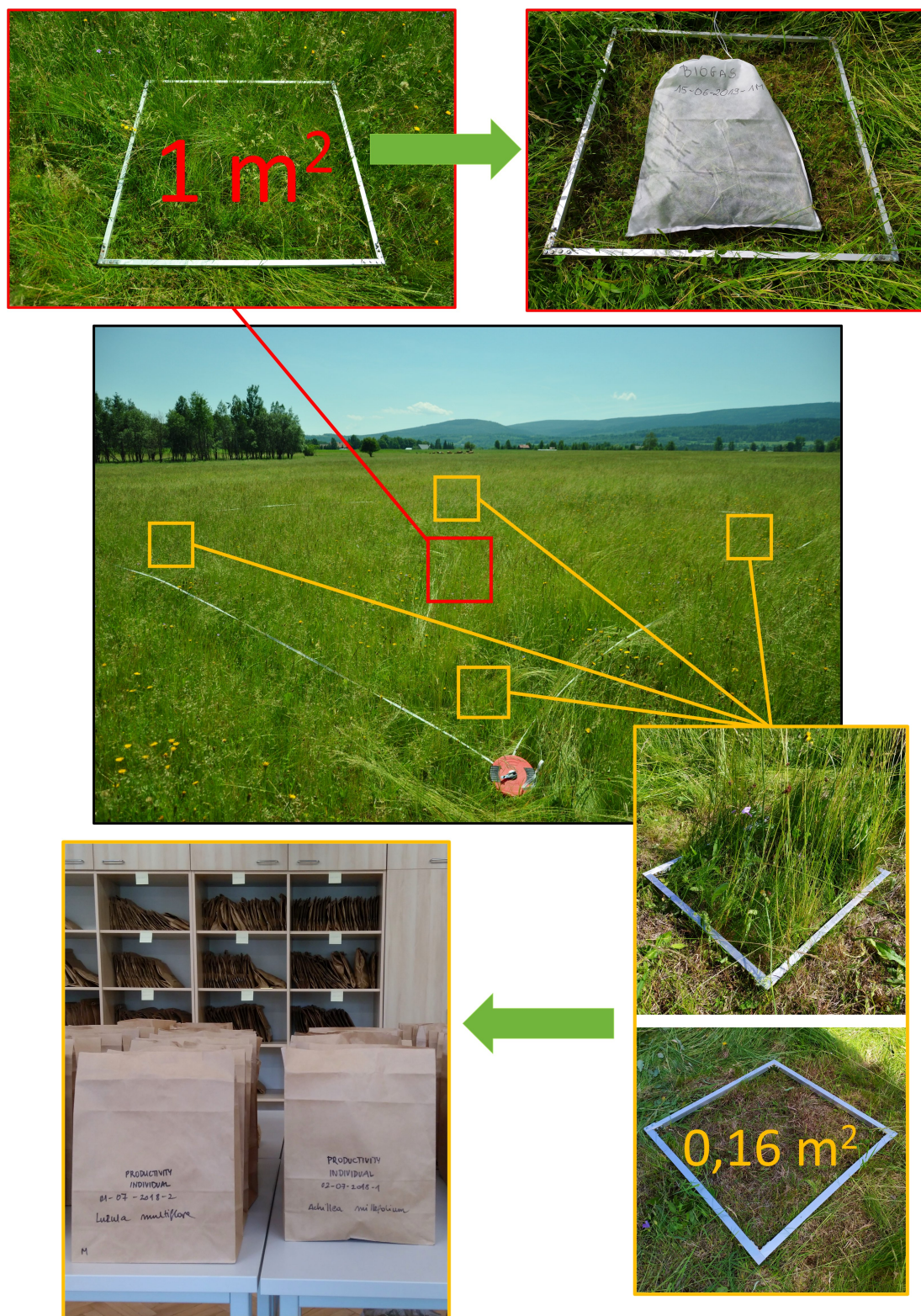
Do oceny bioróżnorodności oraz związanej z nią biomasy i wydajności biogazowej zebraliśmy dane z 30 regularnie koszonych i 30 niekoszonych (porzuconych) użytków zielonych. Nasze metody prac terenowych przedstawiono graficznie na rys. 1. Wszystkie próbki zostały pobrane przed pierwszym koszeniem w roku badania.

Na każdej łące za pomocą taśmy mierniczej wyznaczaliśmy kwadrat o wymiarach 10 x 10 m. W środku kwadratu zakładaliśmy powierzchnię wielkości 1 m<sup>2</sup>, a w każdym jego rogu powierzchnię 0,4 x 0,4 m (0,16 m<sup>2</sup>). Na środkowej powierzchni (1 m<sup>2</sup>) notowaliśmy wszystkie gatunki roślin i szacowaliśmy ich pokrycie w procentach. Następnie pozyskiwaliśmy całą biomasa z 1 m<sup>2</sup> i w przewiewnym worku przewoziliśmy do laboratorium, gdzie była ona suszona i przygotowywana do analiz biogazu. Badania potencjału biogazowego przeprowadzono w bioreaktorach zgodnie z normą VDI 4630 (VDI 4630, 2006). Inkubacja w bioreaktorach trwała 21 dni i była prowadzona w 37 °C.

Z każdej powierzchni wielkości 0,16 m<sup>2</sup> pobieraliśmy do osobnych toreb biomasa poszczególnych gatunków roślin i przewoziliśmy do laboratorium. Zebrane próbki biomasy wstępnie suszono w temperaturze pokojowej, a następnie przez 24 h w temperaturze 60 °C w suszarce z wymuszonym obiegiem powietrza. Próbki suszono do uzyskania stałej zawartości suchej masy (materiału całkowicie suchego) dla standaryzowanych pomiarów wagi.

W końcowym etapie obliczyliśmy wydajność biomasy w przeliczeniu na hektar, procentowy udział poszczególnych gatunków w biomacie, wydajność biogazową na kilogram biomasy łąkowej oraz wydajność biogazową w przeliczeniu na hektar.





Obr. 1. Grafické znázornění terénních metod používaných pro hodnocení výnosu biomasy a produkce bioplynu z travních porostů. Červený čtverec (1 m<sup>2</sup>) znázorňuje plochu pro sklizeň biomasy pro produkci bioplynu a žluté čtverce (0,16 m<sup>2</sup>) znázorňují plochy, ze kterých se stanovil výnos biomasy jednotlivých druhů.

Rys. 1. Graficzna prezentacja metod prac terenowych wykorzystanych do oceny biomasy i wydajności biogazowej siana z łąk Sudetów. Czerwone kwadraty (1 m<sup>2</sup>) – powierzchnie do pozyskiwania biomasy na biogaz. Żółte kwadraty (0.16 m<sup>2</sup>) – powierzchnie do pozyskiwania biomasy poszczególnych gatunków.

### Biodiverzita, výnosy biomasy a bioplynu

Travní porosty, které byly pravidelně sečené byly druhově bohatší než porosty neobhospodařované. Průměrný počet druhů zjištěných na 1 m<sup>2</sup> plochy obhospodařovaných travních porostů byl 24, zatímco na neobhospodařovaných bylo nalezeno v průměru 17 druhů.

Z celkové hmotnosti sušiny biomasy byly trávy dominantní skupinou v obhospodařovaných (68%) i neobhospodařovaných (65%) travních porostech (obr. 2 a 3). Podíl hmotnosti dvouděložných bylin z celkové biomasy byl 32% v obhospodařovaných a 35% v neobhospodařovaných porostech. V obhospodařovaných travních porostech byly nejhojnější následující druhy: kostřava červená, psineček obecný, srha laločnatá a ovsík vyvýšený (obr. 4). V neobhospodařovaných travních porostech měly nejhojnější zastoupení následující druhy: ovsík vyvýšený, kostřava červená, psineček obecný, psárka luční a srha laločnatá (obr. 5).

V první seči byl celkový výnos biomasy v sušině vyšší z obhospodařovaných travních porostů (3,75 t ha<sup>-1</sup>) než z neobhospodařovaných (3,55 t ha<sup>-1</sup>) (obr. 6). Seno z obhospodařovaných i neobhospodařovaných travních porostů mělo podobnou výtěžnost metanu z kg hmotnosti sušiny: 210 NL CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> VS u obhospodařovaných a 208 NL CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> VS u neobhospodařovaných travních porostů (obr. 7). Po přepočtu na hektar činila výtěžnost metanu u obhospodařovaných travních porostů 666 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> a u neobhospodařovaných 617 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>. Nižší výnosy biomasy z neobhospodařovaných travních porostů měly za následek nižší produkci bioplynu z hektaru (obr. 8).

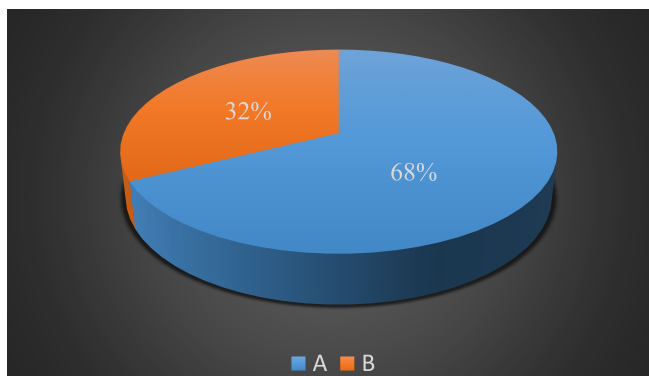
### Biorůznorodnost, biomasa i vydajnost biogazova

Koszonoce ląki były bogatsze gatunkowo niż ląki porzucone. Średnia liczba gatunków obserwowanych na 1 m<sup>2</sup> łąk użytkowanych wynosiła 24, natomiast na łąkach nieużytkowanych występowało średnio 17 gatunków.

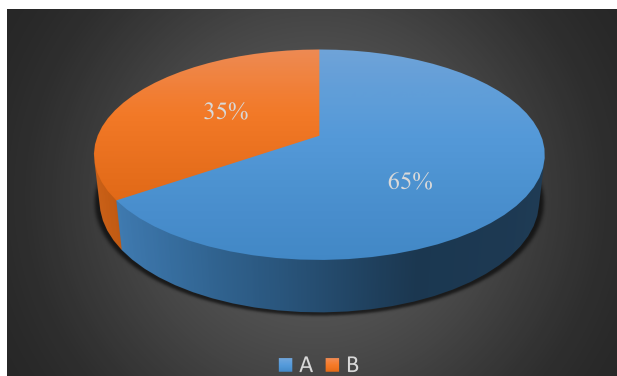
Trawy miały dominujący udział w całkowitej suchej masie, zarówno biomasy łąk użytkowanych (68%), jak i porzuconych (65%) (rys. 2 i 3). Udział procentowy ziół w całkowitej suchej masie wynosił maksymalnie 35%. W biomase łąk koszonych najważniejszą rolę odgrywały trawy: kostrzewa czerwona, mietlica pospolita, kupkówka pospolita i rajgras wyniosły (rys. 4). Również na porzuconych łąkach głównym składnikiem zbiorowisk roślinnych były trawy. Najliczniejsze były: rajgras wyniosły, kostrzewa czerwona, mietlica pospolita, wyczyniec łąkowy i kupkówka pospolita (rys. 5).

Wydajność biomasy łąk użytkowanych z pierwszego pokosu, wyrażona jako waga materiału całkowicie suchego, była większa niż wydajność biomasy z łąk porzuconych (rys. 6). Było to średnio 3,75 tony z hektara łąk użytkowanych i 3,55 tony z hektara łąk porzuconych.

Siano łąk użytkowanych i porzuconych charakteryzowało się podobnym uzyskiem metanu z kilograma suchej masy organicznej: dla łąk użytkowanych było to 210 NL CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>, a dla łąk porzuconych 208 NL CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup> (rys. 7). Uzysk metanu przeliczony na hektar łąk użytkowanych wynosił 666 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>, a dla łąk nieużytkowanych wynosił 617 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>. Niższa wydajność biomasy uzyskana z porzuconych łąk skutkuje niższym uzyskiem biogazu z hektara (rys. 8).



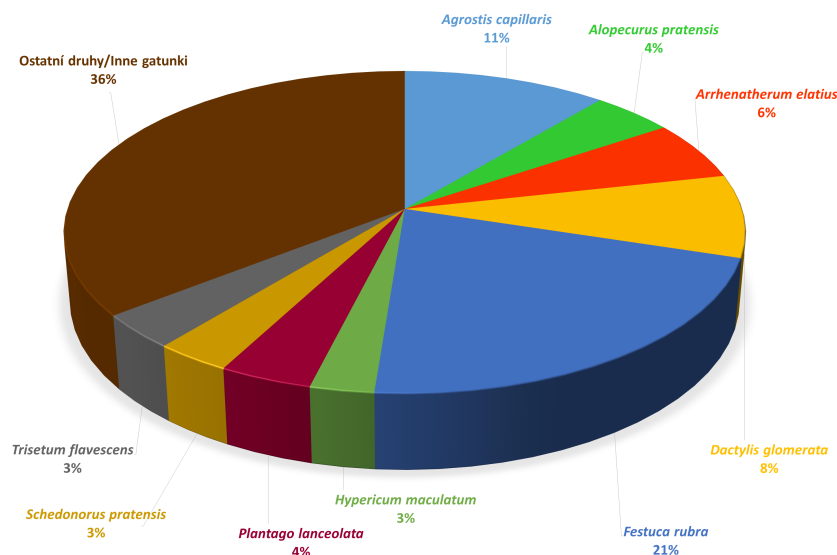
Obr. 2. Podíl trav a dvouděložných bylin na obhospodařovaných travních porostech. A – trávy, B – dvouděložné byliny



Obr. 3. Podíl trav a dvouděložných bylin na neobhospodařovaných travních porostech. A – trávy, B – dvouděložné byliny

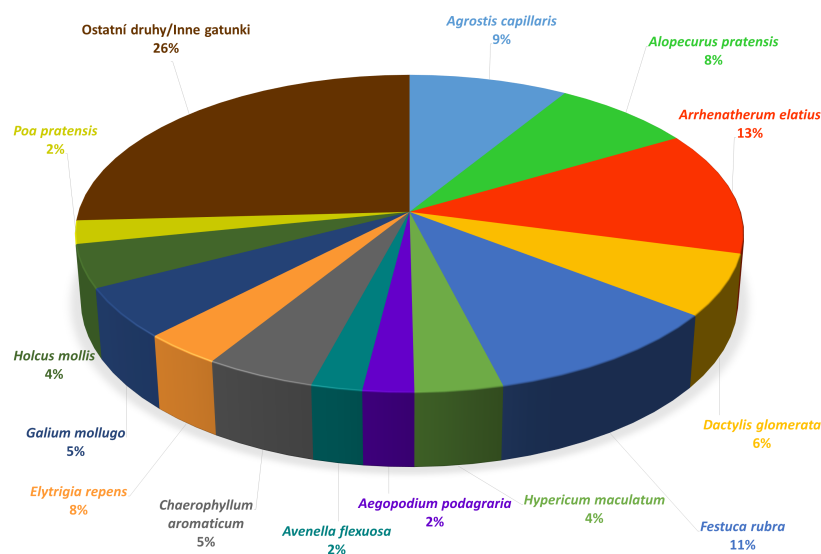
Rys. 2. Procentový udział trav i ziół na łąkach użytkowanych. A – trawy, B – ziola

Rys. 3. Procentový udział trav i ziół na łąkach nieużytkowanych. A – trawy, B – ziola



Obr. 4. Procentuální zastoupení rostlinných druhů z celkového výnosu biomasy v obhospodařovaných travních porostech.

Rys. 4. Procentowy udział gatunków w całkowitej biomase łąk użytkowanych.

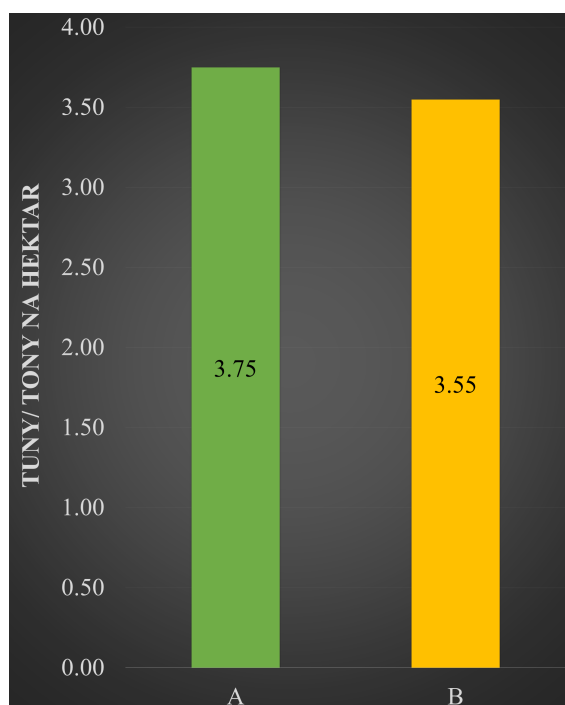


Obr. 5. Procentuální zastoupení rostlinných druhů z celkového výnosu biomasy z neobhospodařovaných travních porostů.

Rys. 5. Procentowy udział gatunków w całkowitej biomase łąk nieużytkowanych.

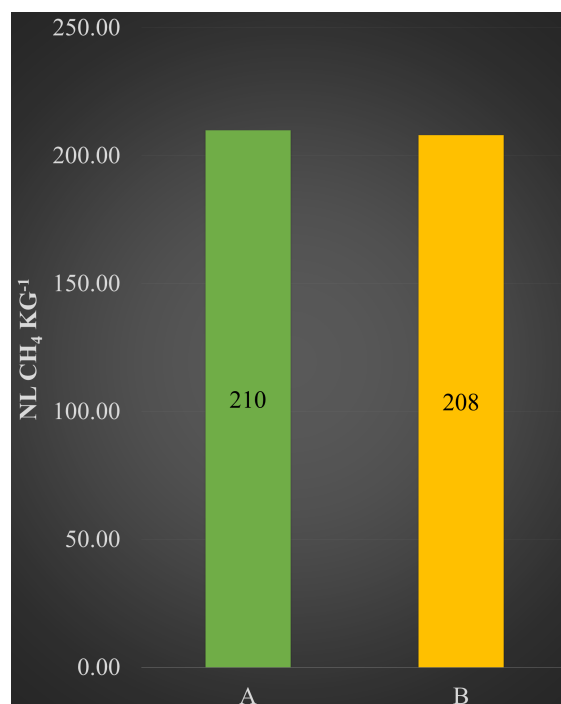
Latinské a české názvy/Lacińskie i polskie nazwy: *Aegopodium podagraria*: bršlice kozí noha / podagrycznik pospolity, *Agrostis capillaris*: psineček obecný / mietlica pospolita, *Alopecurus pratensis*: psárka luční / wyczyniec łąkowy, *Arrhenatherum elatius*: ovsík vyvýšený / rajgras wyniosły, *Avenella flexuosa*: metlička křivolaká / śmiałek pogięty, *Chaerophyllum aromaticum*: krabílce zápašná / świerżbek korzenny, *Dactylis glomerata*: srha laločná / kupkówka pospolita, *Elytrigia repens*: pýr plazivý / perz właściwy, *Festuca rubra*: kostřava červená / kostrzewa czerwona, *Galium mollugo*: svízel povázka / przytulia pospolita, *Holcus mollis*: medyněk měkký / kłosówka miękka, *Hypericum maculatum*: třezalka skvrnitá / dziurawiec czteroboczny, *Plantago lanceolata*: jitrocel kopinatý / babka lancetowata, *Poa pratensis*: lipnice luční / wiechlina łąkowa, *Festuca pratensis*: kostřava luční / kostrzewa łąkowa, *Trisetum flavescens*: trojštět žlutavý / konietlica łąkowa.





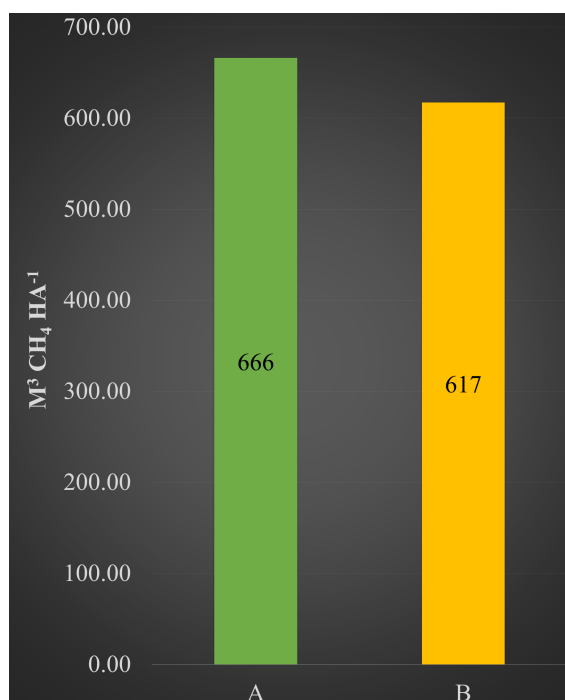
Obr. 6. Výnos sušiny biomasy v tunách na hektar.  
A – obhospodařované travní porosty  
B – neobhospodařované travní porosty

Rys. 6. Uzysk biomasy w tonach z hektara.  
A – łąki użytkowane, B – łąki nieużytkowane



Obr. 7. Výtěžnost metanu vyjádřená v litrech na kg sušiny organické hmoty (NL CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>).  
A – obhospodařované travní porosty  
B – neobhospodařované travní porosty

Rys. 7. Uzysk metanu w litrach z kilograma suchej masy organicznej (NL CH<sub>4</sub> kg<sup>-1</sup>).  
A – łąki użytkowane, B – łąki nieużytkowane



Obr. 8. Plošná výtěžnost metanu vyjádřená v kubických metrech na hektar (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>) ze sušiny organické hmoty.  
A – obhospodařované travní porosty  
B – neobhospodařované travní porosty

Rys. 8. Uzysk metanu w metrach sześciennych z hektara (m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup>) dla suchej masy organicznej.  
A – łąki użytkowane, B – łąki nieużytkowane

## **Souhrn: přínosy pro ekonomiku a životní prostředí**

Přínosná spolupráce vědců z Česka a Polska přinesla nový pohled na to, kolik bioplynu (konkrétně metanu) lze vyrobit z biomasy sklizené z travních porostů v Sudetech. Výtěžnost metanu získaného z travní biomasy byla na podobné úrovni jako jiné běžně používané organické materiály například ovocné a zeleninové odpady, žito a svehp (tab. 1; obr. 6). Náš výzkum ukázal, že výtěžnost metanu se významně neliší mezi obhospodařovanými a neobhospodařovanými travními porosty, proto je využití biomasy pro výrobu bioplynu z obou typů travních porostů stejně efektivní. Rozdíl byl zjištěn pouze ve výnosech, kdy neobhospodařované travní porosty měly nižší výnos biomasy, která snížila výtěžnost metanu na hektar plochy.

Nižší výnosy na neobhospodařovaných travních porostech jsou způsobeny zejména nahromaděním odumřelé biomasy na povrchu půdy, která silně brzdí růst mnoha druhů rostlin a současně snižuje druhovou diverzitu rostlin. Pro zachování druhové bohatosti i produktivity těchto travních porostů je nutné pravidelné obhospodařování jako je seč, pastva a hnojení na nízké nebo střední úrovni. Za takových podmínek mohou rostliny obsazovat všechny niky, soupeřit o přírodní zdroje a vytvářet mnohohrstevnatý a hustý porost.

Sklizeň biomasy z travních porostů by měla být v souladu s politikou Evropské unie v oblasti ochrany přírody, jejímž cílem je ochrana druhů a stanovišť zvláštěního evropského zájmu. Je však velmi důležité sladit opatření na ochranu přírody s finančními možnostmi. Jedním z možných využití přebytečné biomasy z nezemědělských travních porostů může být zpracování biomasy na produkci bioplynu a výroba uhlíkově neutrální energie. Nezemědělské využití travní biomasy pro produkci bioplynu, může nahradit její tradiční využití jako krmiva (seno, travní siláž). Toto náhradní využití může podpořit znovuzavedení managementu na současně neobhospodařovaných loukách. Výsledkem je zachování biodiverzity v kulturní zemědělské krajině a podpoření udržitelného zdroje biomasy, které může generovat příjem.

## **Podsumowanie: korzyści dla gospodarki i przyrody**

Owocna współpraca naukowców z Czech i Polski przyniosła nowe spostrzeżenia odnośnie ilości biogazu (konkretnie metanu), który można wyprodukować z biomasy zebranej z łąk Sudetów. Ilość metanu uzyskanego z biomasy użytków zielonych jest podobna do ilości uzyskiwanej z innych powszechnie stosowanych materiałów organicznych, takich jak odpady owocowo-warzywne lub biomasa z życicy i prosa (tab. 1; ryc. 6). Nasze badania wykazały, że łąki użytkowane i porzucone nie różnią się pod względem uzysku metanu. Zatem biomasa z porzuconych użytków zielonych jest tak samo wydajna pod względem produkcji biogazu, jak biomasa pozyskiwana z łąk stale użytkowanych.

Porzucone użytki zielone charakteryzowały się niższą wydajnością biogazową zebranego siana w przeliczeniu na hektar. Można to tłumaczyć niższą wydajnością biomasy uzyskiwaną z porzuconych łąk. Przyczyn mniejszej wydajności łąk nieużytkowanych jest wiele. Martwa biomasa nagromadzona na łąkach nieużytkowanych silnie hamuje wzrost wielu gatunków roślin i wpływa niekorzystnie na różnorodność gatunkową roślin. Z naszego projektu wynika, że użytkowane łąki Sudetów o dużym bogactwie gatunkowym charakteryzują się wysoką produktywnością. Taka sytuacja jest możliwa, gdy łąki są regularnie koszone oraz umiarkowanie nawożone. W takich warunkach rośliny zajmują każdą możliwą przestrzeń konkurując o zasoby naturalne i tworząc wielowarstwową i gęstą ruń.

Pozyskiwanie biomasy z użytków zielonych powinno iść w parze z polityką ochrony przyrody Unii Europejskiej, której celem jest ochrona gatunków i siedlisk o szczególnym znaczeniu dla Europy. Kluczowe jest jednak zsynchronizowanie działań ochronnych z korzyściami ekonomicznymi. Ekstensywne użytkowanie użytków zielonych wspiera zrównoważone wykorzystanie biomasy łąkowej na cele produkcji energii neutralnej pod względem emisji dwutlenku węgla. Wysoka różnorodność gatunkowa wynikająca z ekstensywnego użytkowania wpływa również pozytywnie na uzysk biomasy. Nasze wyniki pokazują, że pozyskiwanie siana z łąk może generować dochody, a nie być tylko kosztownym zabiegiem ochronnym. Rozsądnym rozwiązaniem jest również przywrócenie koszenia porzuconych użytków zielonych, aby móc podziwiać piękno łąk i jednocześnie uzyskiwać korzyści ekonomiczne z ich użytkowania.



Dominantní trávy v travních porostech Sudet / Dominujące trawy na łąkach Sudetów. Zleva: *Festuca rubra*, *Arrhenatherum elatius*, *Agrostis capillaris*, *Dactylis glomerata* a *Alopecurus pratensis* (foto/fot: Grzegorz Swacha)

## Literatura / Literatura

European Commission. 2007. Interpretation manual of European union habitats – EUR27. European Commission, DG Environment, Brussels, BE.

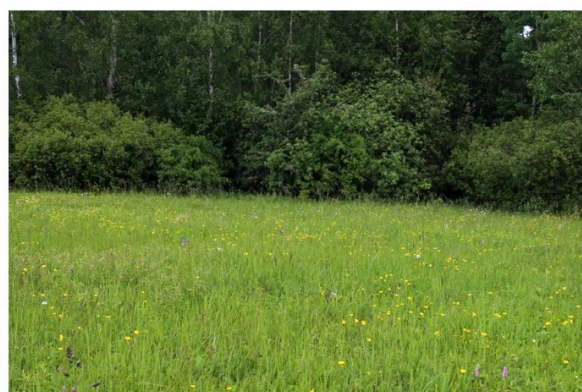
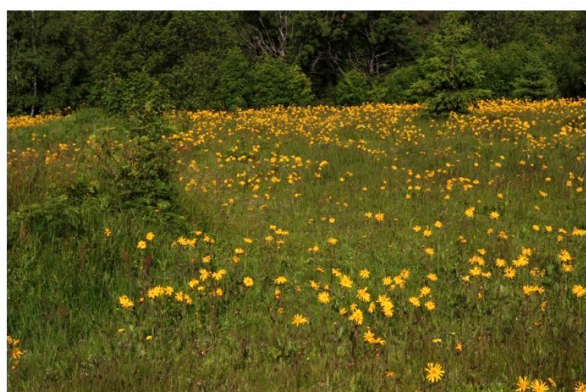
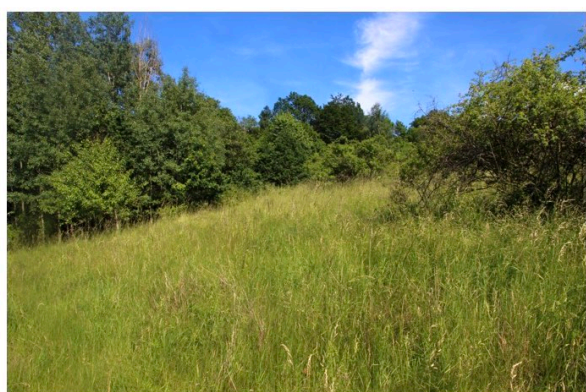
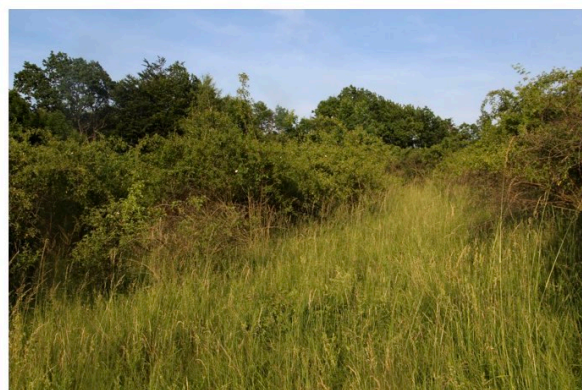
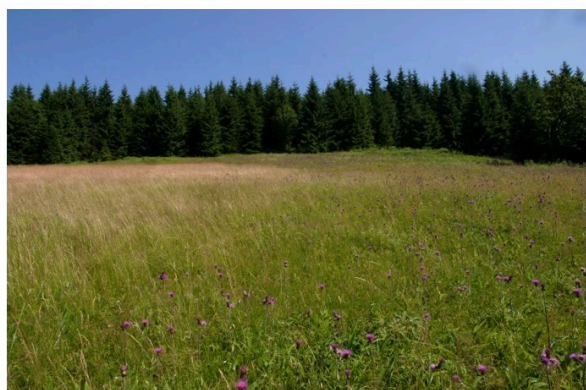
Kougias P.G., Angelidaki I. 2018. Biogas and its opportunities—a review, Front. Environ. Sci. Eng., 12.

VDI 4630. 2006. Fermentation of organic materials. Characterization of the substrate, sampling, collection of material data, fermentation tests, Düsseldorf.









© Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. 2021  
ISBN: 978-80-7427-354-4

 **Grass Gas**



Uniwersytet  
Wrocławski

