**VYUŽITÍ ODPADNÍCH PRODUKTŮ ZE ZAHRADNICTVÍ PRO ENERGETICKÉ ÚČELY**

**Úvod**

Souběžně s narůstající mezinárodní debatou o změně klimatu a zvyšující se ceně fosilních paliv v důsledku aktuální energetické krize je výroba energie z obnovitelných zdrojů často zdůrazňována jako potenciální řešení nižší závislosti na tradičních fosilních palivech (uhlí, ropa, zemní plyn) a jejich příspěvku ke změně klimatu. Ve skutečnosti od roku 2000 na úrovni Evropské unie (EU) pokračuje úsilí o podporu využívání energie z obnovitelných zdrojů, což podnítilo členské státy, aby koncipovaly postupy a legislativu potřebné pro urychlení implementace výroby [bioenergie](https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/bioenergy).

Podle IAE (z angl. International Energy Agency) zobrazují nejnovější scénáře nárůst světové poptávky po energii o 30 % mezi současností a rokem 2040. Významným důvodem rostoucí poptávky je také výrazná spotřeba energií na nových trzích, zejména u Číny a Indie (IEA, 2018). Z uvedených důvodů je proto nezbytně nutné přejít k [obnovitelným zdrojům energie](https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/renewable-energy-source) a zvýšit energetickou účinnost, s cílem omezit globální nárůst teploty a v co možná největší míře naplnit cíle stanovené Pařížskou dohodou o klimatu (Rogelj *et al.*, 2016).

Přírodní biomasa, včetně zemědělských odpadů, patří k významným obnovitelným zdrojům energie (Vassilev *et al.*, 2010, i když tato definice nezohledňuje velmi rozdílná časová měřítka při srovnávání [emisí uhlíku](https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/carbon-dioxide-emission) při spalování a opětovném ukládání během života rostliny (Cornwall, 2017).

V technologických postupech, které jsou v soudobé zemědělské praxi běžně využívány se významná část energie z vedlejších produktů a odpadů nevyužívá. K poměrně častým způsobům likvidace patří otevřené spalování v místě vzniku. Jedná se o rychlý způsob likvidace odpadů (Kim *et al.*, 2018), který však může mít značně škodlivé dopady na kvalitu ovzduší (Estrellan a Iino, 2010). Kromě podceňovaného rizika požáru tato praxe způsobuje nejen nekontrolované uvolňování skleníkových plynů bez rekuperace energie, ale může být také příčinou nekontrolovaných emisí pevných částic a perzistentních organických polutantů do životního prostředí (Kim *et al.*, 2018).

K udržitelným způsobům nakládání s odpadní biomasou ze zahradnické činnosti patří možnost jejího využití pro energetické účely. Udržitelnost tohoto zdroje každopádně  vyžaduje správné řešení řady dalších environmentálních aspektů, které se týkají např. manipulace a dopravy (sběr, přeprava) a zpracování biomasy (štěpkování, drcení), která má být použita jako palivo, [atmosférických emis](https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/atmospheric-emission)í při řízeném spalování i likvidaci popela (Kothari *et al.*, 2010).

Energie získaná z [produkce biomasy](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/biomass-production)je v současné době čtvrtým nejrozšířenějším zdrojem energie v Evropské unii, po jaderné energii, dalších druzích obnovitelné energie a energii z pevných [fosilních paliv](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fossil-fuel-energy). Ve srovnání s primární výrobou obnovitelných zdrojů v Evropské unii má největší podíl energie z biomasy, 63,11 %, následuje[vodní energie](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/hydro-energy) s podílem 16,46 % a větrná energie s podílem 11,11 % (EBIOM, 2016).

Mezi hlavní procesy získávání energie z biomasy patří přímé spalování, pyrolýza, zplyňování, hydrozplyňování, zkapalňování, [anaerobní vyhnívání](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/anaerobic-digestion), alkoholové kvašení a transesterifikace. Každá technologie má své výhody v závislosti na zdroji biomasy a formě potřebné energie (Bridgwater *et al.*, 2002). Spalování je nejdůležitější technologií používanou pro výrobu tepla a energie z biomasy. Jde o proces s řadou ekonomických a ekologických přínosů (Erol *et al.*, 2010). Obecně se doporučuje, aby elektrárna na biomasu a místo produkce energetické biomasy byly umístěny do vzdálenosti 80 km (Luo *et al.*, 2010).

Mezi odpadní produkty ze zahradnictví s perspektivou jejich energetického přímým spalováním patří zejména:

* **Odpadní větve a réví po pravidelném řezu**
* **Výlisky ze zpracování hroznů (matolina)**
* **Pecky a skořápky ze zpracovatelského průmyslu**

**Odpadní větve a réví po pravidelném řezu**

Intenzivní výsadby sadů a vinic je nezbytné udržovat každoročním řezem. Výsledkem této operace je velké množství biomasy, která je potenciálně dostupná jako zdroj bioenergie. Zbytky vznikající při prořezávání sadů tvoří zpravidla větve menších průměrů u révy vinné se jedná o vyzrálé zdřevnatělé prýty v praxi běžně označované termínem réví (Scarlat *et al.*, 2011). Řez různých druhů ovocných stromů a révy vinné je vhodné provádět v zimním, protože při letním řezu není odřezaná hmota vzhledem ke svému charakteru a vysoké vlhkosti významným zdrojem energie (Radojevic *et al.*, 2007).

Vlhkost biomasy se bezprostředně po provedeném zimním řezu pohybuje mezi 35 % až 50 %, což závisí na druhu rostlin i [meteorologických podmínkách](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/meteorological-condition), ve kterých se řez provádí. Četné studie dokládají možnost přirozeného dosoušení získané dřevní biomasy bez nároků na energii. Např. Velázqez-Martí *et al.* (2011) uvádí, že u réví dochází při dosoušení v délce 25 dnů ke snížení vlhkosti až o 20%. Výhřevnost se u odpadního réví a větví běžně pohybuje mezi 15–18 MJ/kg. Podrobným hodnocením produkčního potenciálu a výhřevnosti se u hlavních skupin ovocných dřevin zabýval např. Bilandzija (2012). U jádrovin lze při řezu získat cca 5 t/ha dřevní hmoty, u červených peckovin 1,7–1,9 t/ha, u žlutých peckovin 1,4–2,5 t/ha a u slivoní 1,9 t/ha. U skořápkatého ovoce jsou pak získaná množství dřevní hmoty nižší a pohybují se na úrovni 0,4–1,6 t/ha. Stanovené hodnoty výhřevnosti jsou pak u jednotlivých skupin ovocných druhů poměrně vyrovnané a představuji u jádrovin 17,06 MJ/kg, u červených peckovin je to 16,8–17,1 MJ/kg, u žlutých peckovin17,1–17,7 MJ/kg a u slivoní 17,1 MJ/kg. Vypočítaný energetický potenciál představuje u jádrovin 85,3 MJ/ha, u červených peckovin 29,9–33,4 MJ/ha, u žlutých peckovin 25,0–45,7 MJ/ha, u slivoní 31,7 MJ/ha a u skořápkatého ovoce 29,1–39,1 MJ/ha.

Také dřevní hmota získaná z pravidelného zimního řezu révy vinné představuje zajímavý energetický zdroj. Réva vinná se v celosvětovém měřítku pěstuje na ploše přesahující osm milionů hektarů. V samotné Evropě se pak réva vinná pěstuje na ploše více než 3,6  milionu hektarů (FAO, 2011). Réví z vinic proto představuje v celosvětovém měřítku stabilní zdroj dřevní hmoty, potenciálně dostupné pro průmyslové a energetické využití. Réví, které vzniká při každoročním zimním řezu vinic, může částečně nahradit tradiční sortiment dřevní hmoty (Ntalos a Grigoriou, 2002). Hlavní energetické využití se předpokládá zejména ve venkovských oblastech a v oblastech s nedostatkem palivového dřeva získaného z lesní těžby. Dřevní charakter těchto odpadů umožňuje jejich relativně snadné drcení nebo lisování. Rozvoj technologií jeho zpracování pro energetické účely je v tradičních vinařských zemích patrný a odráží se zejména ve vývoji moderních strojních systémů a návazně také ve vývoji a výrobě vhodných spalovacích zařízení. Spalovací zařízení jsou pak specifická právě řešením dávkovacích systémů s ohledem na charakter dávkovaného a spalovaného materiálu – sypká štěpka, pelety, brikety, balíky.

V souvislosti se spalováním odpadních větví a réví vznikají obavy z emisní zátěže ovzduší v návaznosti na používání přípravků na chemickou ochranu rostlin. [Anorganické sloučeniny](https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/inorganic-substance) vázané v těchto přípravcích, zejména těžké kovy, mohou ulpívat na povrchu dřevní hmoty a při spalování uvolňovat vyšší podíl [škodlivin](https://www.sciencedirect.com/topics/chemistry/environmental-pollutant) do[spalin](https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/flue-gas) nebo popele [[16]](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236113004705%22%20%5Cl%20%22b0080). Podle Kavargiris *et al.* (2009) zbytky dřevní hmoty získané z ekologicky obhospodařovaných trvalých porostů představují výhodnější zdroj biomasy ve srovnání s konvenčně obhospodařovanými porosty. Tento výsledek většinou obecně souvisí s omezeným používáním agrochemikálií v rámci uplatňovaných technologických postupů, což vede k vytvoření předpokladů nižší potenciální škodlivosti dřevní hmoty. Aktuálně však nejsou k dispozici žádné studie spalování, které by tuto hypotézu potvrdily.

Otázka spalování odpadních větví a réví je současně často spojen s logistikou. Otázku efektivního využití těchto odpadních produktů komplikují možnosti jejich dopravy z místa vzniku o místa uskladnění či spálování. Přepravní vzdálenost přitom činí mezi jednotlivými místy jednotky a desítky kilometrů. Pokud je surovina přepravována v nezpracované podobě má velmi malou objemovou hmotnost a dopravní prostředky přepraví jen malé množství suroviny. V tomto scénáři by bylo nejlepším ekonomickým řešením pro energetické zhodnocení zbytků dřevní hmoty jejich použití pro vytápění objektů s kotli o malém nebo středním výkonu přímo podnicích, čímž by se zredukovaly náklady na transport a celá [bioenergie by zůstala v podnicích.](https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/bioenergy)

**Matolina**

Ve vinařských technologiích je při zpracování hroznů a výrobě vína vytvářeno velké množství biologických odpadů, jako jsou matoliny, třapiny a hroznové kaly, které lze využít pro jiné účely ([Rugani](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib29) *[et al.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib29)*[, 2013](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib29) ). Z hlediska energetického využití mají největší význam právě matoliny. Celosvětová produkce tohoto odpadu je odhadována na přibližně 10–13 Mt za rok ([Baumgartel](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib2) *[et al.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib2)*[, 2007](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib2)). Značná produkce matolin představuje každoročně problémy z hlediska [sezónního skladování](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/seasonal-storage) i dalšího využití, které jsou také spojeny s rizikem znečištění. Skládkování může být spojeno s negativními dopady na životní prostředí díky svým znečišťujícím vlastnostem, jako je nízká hodnota pH, nebo vysoký obsah fytotoxických a bakteriálních [fenolických](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/phenolics) látek ([Gómez](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib18) *[et al.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib18)*[, 2010](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib18)). V závislosti na regionálních zvyklostech a národních politikách [nakládání](https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/sewage-treatment) s odpady jsou v současnosti uplatňovány různé způsoby zpracování matolin. Primárně se používají jako krmivo pro hospodářská zvířata ([Vaccarino](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib36) *[et al.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib36)*[, 2012](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib36)), jako surovina pro výrobu kompostu ([Fernandez](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib13) *[et al.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib13)*[, 2008](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib13)), nebo jako surovina pro destilaci ([Hamon a Scheider, 2011](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib19)). V posledních letech jsou také stále častěji ověřovány možnosti využití matolin pro výrobu biopaliv ([Celma](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib7) *[et al.](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib7)*[, 2007](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010701%22%20%5Cl%20%22bib7)).

Spalování a tepelné zpracování matolin pro energetické využití představuje perspektivní řešení pro opětovné využití tohoto odpadu z vinařství Madadian *et al.,* 2022). Zjevnou výhodou energie vyrobené z biomasy je téměř úplná uhlíková neutralita a několik studií uvádí tento způsob využití jako zajímavou alternativu v oblasti nakládání s odpady z vinařství (Muhlack *et al.*, 2018).

Tepelnou přeměnu lze uvažovat pro přímé použití matolin uvnitř spalovací pece (nejčastěji ve formě pelet, briket) nebo pro výrobu energetického materiálu, jako je dřevěné uhlí (pyrolýzou) nebo biokapaliny (zplyňováním). Matolina může být z hlediska energetiky využita samostatně nebo jako příměs do surovin využívaných při výrobě tvarovaných biopaliv (pelety a brikety). Matolina je jako surovina bohatá na obsah ligninu a celulózy v rozmezí 16,8–24,2 % a 27–37 % ([Centeno a Stoeckli, 2010](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720308251%22%20%5Cl%20%22bb0190)).

Kromě toho, že jde o palivo „druhé generace“ získané z odpadu z biomasy, lze jej přeměnit přímo na energii, bez jakýchkoli environmentálních a společenských problémů nebo ekonomických dopadů souvisejících např. se specializovanou sklizní energetických plodin. Využití matolin tak napomáhá rozvoji venkovských oblastí, které investují do biomasy, což přispívá k jejich energetické nezávislosti. Z řady provedených studií vyplývá, že se výhřevnost matolin pohybuje mezi 19,5–21,3 MJ/kg (Portarapillo *et al.*, 2021).

Kritickým problémem v proveditelnosti procesu spalování je vysoký obsah vlhkosti, který se u matolin pohybuje mezi 50 až 60 %. Obsah vody je velmi variabilní v závislosti na odrůdě, způsobu lisování a může podstatně ovlivnit fázi sušení. Vliv obsahu vlhkosti na produkci energie je odhadován (Cholewinski *et al.*, 2017) jako čtyřnásobek, což snižuje obsah vody z přibližně 70 % na 10 %. I přes tuto skutečnost jsou matoliny mezi jinými zemědělskými odpady identifikovány jako jeden z nejslibnějších surovin (po slámě a kukuřičných stéblech) využitelných pro přeměnu na biopalivo. Tento způsob využití je zejména v tradičních vinařských zemích, kde se hrozny ve velkém množství zpracovávají. Příkladem jsou středomořské oblasti a oblasti ve střední a jižní Evropě (EIE, 2012).

Při peletizaci navíc pelety z matolin splňují požadavky třídy B podle ISO 17225-6:2021 (2021), což umožňuje jejich přijetí jako paliva pro středně velké aplikace. Kromě toho několik studií (Miranda *et al.*, 2015; Benetto *et al.*, 2015) prokázalo možnost využití matolin k výrobě pelet pro energetické účely díky jejich vhodným hodnotám vlastností, jako např. objemová hmotnost, mechanická odolnost a nízký obsah zbytkového popela.

**Pecky a skořápky ze zpracovatelského průmyslu**

Za perspektivní druh biomasy využitelný k přímému spalování patří také pecky celé řady pěstovaných ovocných druhů, které lze získávat ze zpracovatelského průmyslu (konzervárenství, lihovarnictví). Tento druh suroviny není i přes svoji dobrou dostupnost v současnosti dostatečně využíván a nejčastěji je odstraněn skládkováním.

Na základě zkoumání vlastností biomasy (Demirbas *et al.*, 2004) jsou ovocné pecky a skořápky definovány jako energeticky hodnotná surovina s vlhkostí 8–11 %. Klíčovou výhodou využití tohoto typu agroprůmyslového tuhého odpadu je, že jeho spalování nevyžaduje předzpracování, což znamená, že jej lze využít v původní podobě (Devic *et al.*, 2008). Hodnocení zaměřená na stanovení podílu pecek s potenciálem energetického využití prováděl u žlutých peckovin např. Soleimani and Kaghazchi (2008). Z výsledků jejich prací vyplývá, že se výnos pecek u broskví pohybuje na úrovni 0,268 t/ha a u meruněk 0,140 t/ha. Práce Shala (2007) a Radunic *et al.*, (2008) se zabývaly hodnocením výnosu pecek u červených peckovin, který činí u třešní 0,097 t/ha a u višní 0,238 t/ha. U slivoní činí výnos pecek 0,159 t/ha jak uvádí např. (Sic Zlabur *et al.*, 2012). Z prací uvedených autorů lze určit také výhřevnost pecek, která se u broskví pohybuje u broskví na úrovni 19,6 MJ/kg, u meruněk 21,79 MJ/kg, u višní 20,87 MJ/kg, u třešní 19,95 MJ/kg a u slivoní 15,02 MJ/kg. Vypočítaný energetický potenciál pak s přihlédnutím k technologickým ztrátám může činit u broskví 9375 MJ/ha, u meruněk 2898 MJ/ha, u višní 4719 MJ/ha, u třešní 1835 MJ/ha a u slivoní 2269 MJ/ha.

 Zajímavý energetický potenciál nabízí také skořápky vlašských a lískových ořechů. Skořápky ořechů jsou tvrdé díky vysokému obsahu ligninu v buněčných stěnách vnitřní části oplodí (endokarpu). To je navíc ještě obaleno měkčími slupkami (mezokarpem a ektokarpem). Lignin vyztužuje také dřevo, podle kterého dostal své jméno z latinského *lignum*. Je to druhá nejčastější látka na světě co do celkové hmoty (až 30 % globální biomasy). Produkcí a výhřevností se u skořápkatého ovoce zabýval např. Cerovic (2010) a Matin (2012). U vlašských ořechů činí výnos skořápek 0,202 t/ha u lískových ořechů 0,292 t/ha, výhřevnost pak činí 18,97 a 19,40 MJ/ha. Vypočítaný energetický potenciál pak s přihlédnutím k technologickým ztrátám činí u vlašských ořechů 3633 MJ/ha a u lískových ořechů 5372 MJ/ha.

**Závěr**

Dobrá praxe zahrnuje v nakládání se zbytky biomasy ze zemědělské výroby možnosti využití jejich přidané hodnoty. Z výsledků četných studií vyplývá, že tato biomasa představuje cenný zdroj energie. S ohledem na energetický a produkční potenciál mají z odpadních produktů ze zahradnictví největší význam odpadní větve a réví po pravidelném řezu, výlisky ze zpracování hroznů (matolina), pecky a skořápky ze zpracovatelského průmyslu.

V celém systému využití zemědělské [biomasy](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/biomass-utilization)pro výrobu tepla a elektřiny spalovacím procesem jsou důležitým faktorem [spalovací vlastnosti](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/combustion-property). Při plánování energetického využití biomasy je nesmírně důležité přistupovat k analýze spalovacích vlastností na místní úrovni, protože je ovlivňována celou řadou agroekologických a agrotechnických faktorů zemědělské výroby. Analýzou konkrétního parametru lze biomasu zhodnotit v energetických a environmentálních aspektech (např. síra, dusík, chlór). Výhřevnost, popel, vlhkost a pevný uhlík jsou jedním ze základních parametrů, které charakterizují biomasu v kontextu výroby energie. V tomto případě je žádoucí, aby vyšší hodnota byla vyšší, stejně jako fixní uhlík a nižší hodnota obsahu popela a vlhkosti. Vzhledem k tomu, že spalováním dusíku, síry a chlóru vznikají NOx, SO2 a emisí HCl, je žádoucí mít nižší podíl specifikovaných prvků, aby tyto plyny byly na úrovni přijatelné pro životní prostředí. Dále se důležitost stanovení jednotlivých vedlejších a hlavních prvků projevuje výskytem okují, koroze a nečistot v samotném spalovacím zařízení.

Potenciálním problémem udržitelného hospodaření s biomasou je dále nedostatečná úroveň agromechanizace pro sběr a manipulaci s biomasou. Jedná se především o stroje a zařízení pro sběr zbytků po prořezávání ovocných plodin.

Energeticky efektivnímu nakládání s biomasou by mělo předcházet vypracování aktuální společné strategie zemědělského a energetického sektoru, která by mimo jiné vedla k vytvoření burzy zemědělské biomasy a zřízení sběrného a předzpracovacího centra. . Při výběru místa pro předzpracovací centrum by měla být zohledněna všechna relevantní kritéria, včetně: technologických, ekonomických, organizačních, technických a právních regulačních kritérií, jakož i kritérií pro výběr umístění v rámci nasávací oblasti.

Navzdory značným překážkám musí jednotlivé členské státy EU rozpoznat potenciály v celém systému hospodaření se zemědělskou biomasou a jedním z nich je zajištění dodatečných příjmů v celé struktuře produkce. Systematický sběr a energetické využití zemědělské biomasy by vedlo k vytvoření nových pracovních míst, která by měla strategický význam pro sociální a ekonomickou revitalizaci venkova. Spolu s možnostmi realizovat úplnou nebo částečnou místní energetickou soběstačnost by zvýšení podílu využívané zemědělské biomasy mělo pozitivní vliv na závazky členských státu EU vůči strategiím v oblasti [obnovitelných zdrojů energie](https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/renewable-energy-source) a zmírňování klimatických změn.

**Literatura**

Baumgartel, T., Kluth, H., Epperlein, K., Rodehutscord,  M., 2007: A note on digestibility and energy value for sheep of different grape pomace. Small Rumin. Res., 67, pp. 302–306

Benetto, E., Jury, C., Kneip, G., Vázquez-Rowe, I., Huck, V.; Minette, F., 2015: Life cycle assessment of heat production from grape marc pellets. J. Clean. Prod. 87, 149–158

Bilandzija, N., Voca, N., Kricka, T., Matin, A., Jurisic, V., 2012: Energy potential of tree pruned biomass in Croatia. Span J Agric Res, 10, pp. 292–298

Bridgwater, A.V., Toft, A.J., Brammer, J.G., 2002: A techno-economic comparison of power production by biomass fast pyrolysis with gasification and combustion. Renew Sustain Energy Rev, 6 , pp. 181–246

Celma, A., Rojas, S., López Rodríguez, F., 2007: Waste-to-energy possibilities for industrial olive and grape by-products in Extremadura. Biomass Bioenerg., 31, pp. 522–534

Centeno, T.A., Stoeckli, F., 2010: The assessment of surface areas in porous carbons by two modelindependent techniques, the DR equation and DFT. Carbon, 48 (9) (2010), pp. 2478–2486, [10.1016/j.carbon.2010.03.020](https://doi.org/10.1016/j.carbon.2010.03.020)

Cerovic, C., Golosin, B., Ninic Todorovic, J., Bijelic, S., Ognjanov, V., 2010: Walnut (*Juglans regia* L.) selection in Serbia. Hort Sci, 37 (2010), pp. 1–5

Cornwall, W., 2017: Is wood a green source of energy? Scientists are divided. Science 80, [10.1126/science.aal0574](https://doi.org/10.1126/science.aal0574)

Demirbas, A., Pizarro, C., Lavín,  A.G., Bueno, J.L., 2004: Combustion characteristics of different biomass fuels. Prog Energy Combust Sci, 30, pp. 219–230

Devic, M., Dimitrijevic, A., Blazin, D., Blazin, S., 2008: Possibilities of using fruit processing residues as burnig materiál. J Agric Tech Energy Agric, 12, pp. 111–114

EBIOM, 2016: European biomass association, Statistical report - European bioenergy outlook. Brussels, Belgium

EIE project. IEE/09/758/SI2.558286-MixBioPells; Intelligent Energy Europe: Brussels, Belgium, 2012

Erol, M., Haykiri-Acma, H., Küçükbayrak, S., 2010: Calorific value estimation of biomass from their proximate analyses data. Renew Energy, 35, pp. 170–173

Estrellan, C.R., Iino, F., 2010: Toxic emissions from open burning. Chemosphere, 80 (2010), pp. 193–207, [10.1016/j.chemosphere.2010.03.057](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.03.057)

FAOSTAT, 2011: Production – crops – area Harvested, 2009 data. FAO

Fernandez, F.J., Sanchez-Arias, V., Villasenor,  J., Rodriguez,  L., 2008: Evaluation of carbon degradation during co-composting of exhausted grape marc with different biowastes. Chemosphere, 73, pp. 670–677

Gómez, A., Zubizarreta, J., Rodrugues, M., Dopazo, C., Fueyo, N., 2010: An estimation of the energy potential of agro-industrial residues in Spain. Resour. Conserv. Recy, 54, pp. 972–984

Cholewinski, M., Pospolita, W., Jesionek, K., 2017: The Application of Grape Pomace as a Solid Biofuel in Combustion Technologies. In Proceedings of the the Publications of the MultiScience-XXXI. MicroCAD International Scientific Conference, Miskolc, Hungary, 20–21 April 2017

International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2017: A world in transformation. 2017. Available at: <http://www.iea.org/weo2017/> (accessed June 27, 2018)

Kavargiris, S.E., Mamolos, A.P., Tsatsarelis, C.A., Nikolaidou, A.N., Kalburtji, K.L., 2009: Energy resources' utilization in organic and conventional vineyards: Energy flow, greenhouse gas emissions and biofuel production. Biomass and Bioenergy, Volume 33, Issue 9, Pages 1239–1250, ISSN 0961-9534, https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.05.006

Kim, N.T., Oanh, D.A., Permadi, P.K., Hopke, K.R., Smith, N.P., Dong, A.N., 2018: Annual emissions of air toxics emitted from crop residue open burning in Southeast Asia over the period of 2010–2015. Atmos Environ, 187, pp. 163–173, [10.1016/J.ATMOSENV.2018.05.061](https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2018.05.061)

Luo, L.,  Van der Voet, E., Huppes, G., 2010: Biorefinig of lignocellulosic feedstock – technical, economic and environmental considerations. Bioresour Technol, 101 (2010), pp. 5023–5032

Madadian, E., Rahimi, J., Mohebbi, M., Simakov, D.S.A., 2022: Grape pomace as an energy source for the food industry: A thermochemical and kinetic analysis. Food and Bioproducts Processing, Volume 132, Pages 177–187, ISSN 0960-3085. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.01.006

Matin, A., 2012: Qualitative changes of hazelnuts in process of conductive drying [Doctoral thesis]. University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia

Miranda, T., Montero, I., Sepúlveda, F.J., Arranz, J.I., Rojas, C.V., Nogales, S. A, 2015: Review of Pellets from Different Sources. Materials 8, 1413–1427

Muhlack, R.A.; Potumarthi, R.; Jeffery, D.W., 2018: Sustainable wineries through waste valorization: A review of grape marc utilization for value-added products. Waste Manag. 72, 99–118

Ntalos, G., Grigoriou, A., 2002: Characterisation and utilisation of vine prunings as a wood substitute for particleboard production. Ind Crop Prod, 16, pp. 59–68

Portarapillo, M., Danzi, E., Sanchirico, R., Marmo, L., Di Benedetto, A., 2021: Energy Recovery from Vinery Waste: Dust Explosion Issues.  Appl. Sci. 11, 11188. https://doi.org/10.3390/app112311188

Radojevic, R., Zivkovic, M., Urosevic, M., Radivojevic, D., 2007: Technological and technical aspects of using pruning residues of fruit trees and grapevine. J Agric Tech Energy Agric, 11, pp. 32–36

Radunic, M., Klepo, T., Strikic, F., Cmelik, Z., Barbaric, M., 2008: Characteristics of sweet cherry cultivars grown in Dalmacia. Pomol Croat, 14, pp. 159–168

Rogelj, J., den Elzen, M., Höhne, N., Fransen, T., Fekete, H., Winkler, H. et al., 2016: Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C. Nature, 534 (2016), pp. 631-639, [10.1038/nature18307](https://doi.org/10.1038/nature18307)

Rugani, B., Vázquez-Rowe, I., Benedetto, G., Benetto, E., 2013: A comprehensive review of carbon footprint analysis as an extended environmental indicator in the wine sector. J. Clean. Prod., 54, pp. 61–77

Scarlat, N., Blujdea, V., Dallemand, J.F., 2011: Assessment of the availability of agricultural and forest residues for bioenergy production in Romania. Biomass- Bioenergy, 35, pp. 1995–2005

Shala, A., 2007: Pomometric properties of sour cherry fruit in ecological conditions of Kosovo. Pomol

Sic Zlabur, S., Voca, J., Dobricevic, S., Pliestic, N., Galic, S., Martinec, J., 2012: Selection of varieties of plums for drying. In: Proceedings of 47th Croatian & 8th International symposium on agriculture: Dubrovnik, Croatia. p. 826–829

Soleimani, M., Kaghazchi, T., 2008: Adsorption of gold ions from industrial wastewater using activated carbon derived from hard shell of apricot stones - An agricultural waste. Bioresour Technol, 99, pp. 5374-5383Croat, 13, pp. 3–5

UNI EN ISO 17225-6:2021(en) Solid Biofuels—Fuel Specifications and Classes—Part 6: Graded Non-Woody Pellets; ISO: Geneva, Switzerland, 2021

Vaccarino, C., Lo Curto, R.B., Tripodo, M.M., Patané, R., Ragno, A., 2012: Grape marc as a source of feedstuff after chemical treatments and fermentation with fungi. Bioresour. Technol., 40 (2012), pp. 35–41

Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L.K., Vassileva, C.G., 2010: An overview of the chemical composition of biomass. Fuel, 89 (2010), pp. 913-933, [10.1016/j.fuel.2009.10.022](https://doi.org/10.1016/j.fuel.2009.10.022)

Velázqez-Martí, B., Fernández-González, E., López-Cortés, I.,  Salazar-Hernández, D.M., 2011: Quantification of the residual biomass obtained from pruning of vineyards in Mediterranean area. Biomass- Bioenergy, 35, pp. 3453–3464