



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Кращий досвід країн ЄС із заготівлі та постачання біомаси для енергетичного використання

Желєзна Т.А., к.т.н.

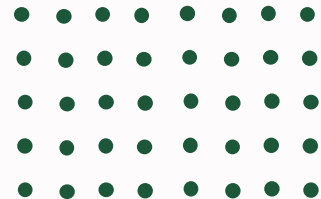
ТОВ «НТЦ «Біомаса»

Біоенергетична асоціація України, експерт



Зміст

- 01** Основні джерела біомаси та торгові форми біопалив
- 02** Основні елементи та підходи до логістики постачання біомаси
- 03** Особливості та приклади логістики постачання сільськогосподарських залишків, порубкових решток, біомаси від обрізки та видалення садів і виноградників
- 04** Приклади онлайн інструментів для локалізації ресурсів біомаси




Основні джерела біомаси

- **Сільське господарство** (рослинництво, тваринництво, садівництво): солома, стебла кукурудзи, стебла соняшника, гній, біомаса від обрізки та викорчовування садів і виноградників...
- **Лісове господарство**: дрова, порубкові рештки, деревні тріски...
- **Деревообробна промисловість**: тирса, стружки, обрізки...
- **Харчова промисловість**: побічні продукти олійної, молочної, пивної, цукрової промисловості... (жом, меляса, барда, лушпиння соняшника, лушпайка рису...)
- **Вирощування енергетичних рослин**: міскантус, верба, тополя...
- **Комунальне господарство**: тверді побутові відходи (органічна частина), осад стічних вод.



Торгові форми твердих біопалив із с/г біомаси та їх характеристики

Характеристики	Брикети	Гранули	Тюки			Подрібне-на солома (січка)
			Малі прямокутні	Великі* прямокутні	Круглі (рулони)	
Типовий розмір (вага)	Ø > 25 мм 	Ø < 25 мм 	70-90 x 46 x 36 см (12-15 кг) 	2,3-2,5 x 1,2 x 1,3 м 450-650 кг 	1,2 x Ø 1,7 м 220-270 кг 	10-200 мм 
Насипна щільність (A), кг/м ³	300-700	500-700	70-160		70-110	40-60
			90-100**	140-170**	100-120**	
Питомий об'єм (1/A), м ³ /т	1,4-3,3	1,4-2,0	6-14		9-14	16-25
Питома енергомісткість, ГДж/м ³	4,7-11,2	7,8-11,2	1,01-2,3		1,01-1,58	0,57-0,86

* Існують ще міні-великі (2,0-2,4 x 0,8 x 0,8 м) та середньо-великі (2,3-2,5 x 1,2 x 0,9) тюки, наприклад, в Данії. ** Густина.

Джерела: Посібник для представників АПК з використання біомаси як палива у муніципальному секторі (2017) <https://uabio.org/activity/286/>;
Посібник «Енергія з соломи» (2021) <https://bit.ly/3NLSacg>; Аналітична Записка БАУ № 20, 2018 <https://uabio.org/activity/271/>

Порівняння параметрів транспортування біопалив – завантаженість транспортного засобу



Вид біопалива	Насипна щільність (типова), кг/м ³	Q (типова), МДж/кг	Енергетична щільність, МДж/м ³	Завантаженість вантажівки з причепом (110 м ³), т
	(a)	(b)	(c)=(a)×(b)	(d)=(a)×110 м ³ /1000***
Солома неущільнена	50	14	700	5,5
Лушпиння неущільнене	95	16	1520	10,5
Великі тюки соломи	120**	14	1680	13,2*
Гранули з: - соломи	650	15	9750	22
- деревини	650	17	11050	22
- лушпиння	650	17	11050	22
Деревні тріски	250	10	2500	22
Дрова	320	10	3200	22
Тирса	150	10	1500	16,5
Відходи лісозаготівлі	150	10	1500	16,5

* 24 тюки: 12 на вантажівку і 12 на причеп. 550 кг × 24 = 13,2 т. ** Рахується через вагу тюків (13,2 т) та об'єм автотранспорту (110 м³). Це враховує, що тюки мають поміщатися на автотранспорт. *** Макс. вага вантажівки залежить від кількості осей. Якщо фактична вага вантажу при повному заповненні автотранспорту перевищує його вантажопідйомність, береться макс. дозволена вантажопідйомність 22 т. Для гранул по розрахунку могло би бути 71,5 т, для трісок – 27,5 т, для дров – 35,2 т.

Переваги транспортування ущільненої біомаси



Порівняння насипної маси гранул та вихідної сировини

Матеріал	Середня насипна маса, кг/м ³		Ступінь ущільнення, в порівнянні з вихідною сировиною, разів	
	від	до	від	до
Гранули	650	700	-	-
Деревна стружка	70	200	3	10
Деревна тирса	220	250	3	
Тюкована солома	120	140	5	6
Солома, в залежності від ступеню подрібнення	45	125	5	15
Соняшникове лушпиння, костриця льону	90		8	



Порівняння вартості та енергоємності транспортування тюкованої і гранульованої

Тип соломи	Вантажний автомобіль з причепом, довжина	Максимальна завантаженість	Вартість транспортування 1 т на 100 км	Затрачувана енергія на транспортування 1 т на 100 км
Тюкована	18 м	17,7 т	2,07 у.о.	4,04 МДж
Гранульована	15 м	28 т	1,31 у.о.	2,55 МДж



Джерело: Посібник «ПІДГОТОВКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОЄКТІВ ЗАМІЩЕННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ БІОМАСОЮ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ» (2016) <https://uabio.org/activity/298/>

Основні елементи логістичної схеми постачання біомаси



- ✓ Загалом можна виділити три основні зони господарських відносин під час використання біомаси як палива: **заготівля, транспортування, зберігання**. Додатково ще може бути **попередня обробка**.
- ✓ Організацією кожної стадії можуть займатись як власник енергооб'єкту, так і залучені компанії.
- ✓ В залежності від річного обсягу споживання біомаси існують такі можливі **схеми взаємодії** з постачальниками:
 - власник енергетичного об'єкту **самостійно** виконує заготівлю, зберігання та доставку біомаси;
 - власник **делегує** всі стадії постачання стороннім організаціям;
 - схема **розмежування** повноважень, коли, наприклад, заготівлею та доставкою біомаси займається стороння організація, а її зберігання відбувається на складах власника.

Характеристики різних схем організації постачання біомаси

Власник енергетичного об'єкту самостійно виконує заготівлю та доставку біомаси

- Власна відповідальність, оперативне та гнучке прийняття рішень.**
- Закупівля обладнання для заготівлі та транспортування біомаси суттєво впливає на економіку проєкту, тому необхідно виконувати техніко-економічне обґрунтування для кожного окремого випадку.
- Закупівля власного обладнання стає доцільною при великих потужностях енергетичного об'єкту або якщо власник має стратегічні плани щодо розширення виробництва енергії з біомаси в найближчому майбутньому і закуповує техніку з перспективою подальшого розвитку. Для інших об'єктів рекомендується використання існуючої техніки або її оренда.

Укладання прямих договорів з власником біомаси

- Відсутність посередника призводить до зменшення ціни, оперативнішого та ефективнішого вирішення різноманітних складних ситуацій (зміна якості палива, його кількості, періодичності і т.п.).
- «Прозора» взаємодія і прямі фінансові стосунки з власником біомаси.**
- Зменшення ризиків перебоїв доставки біомаси на об'єкт завдяки оперативнішому реагуванню.
- Ризик непередбачуваного росту ціни при переукладанні короткострокових контрактів.**

Закупівля біопалива на біржах або у логістичних компаній-посередників

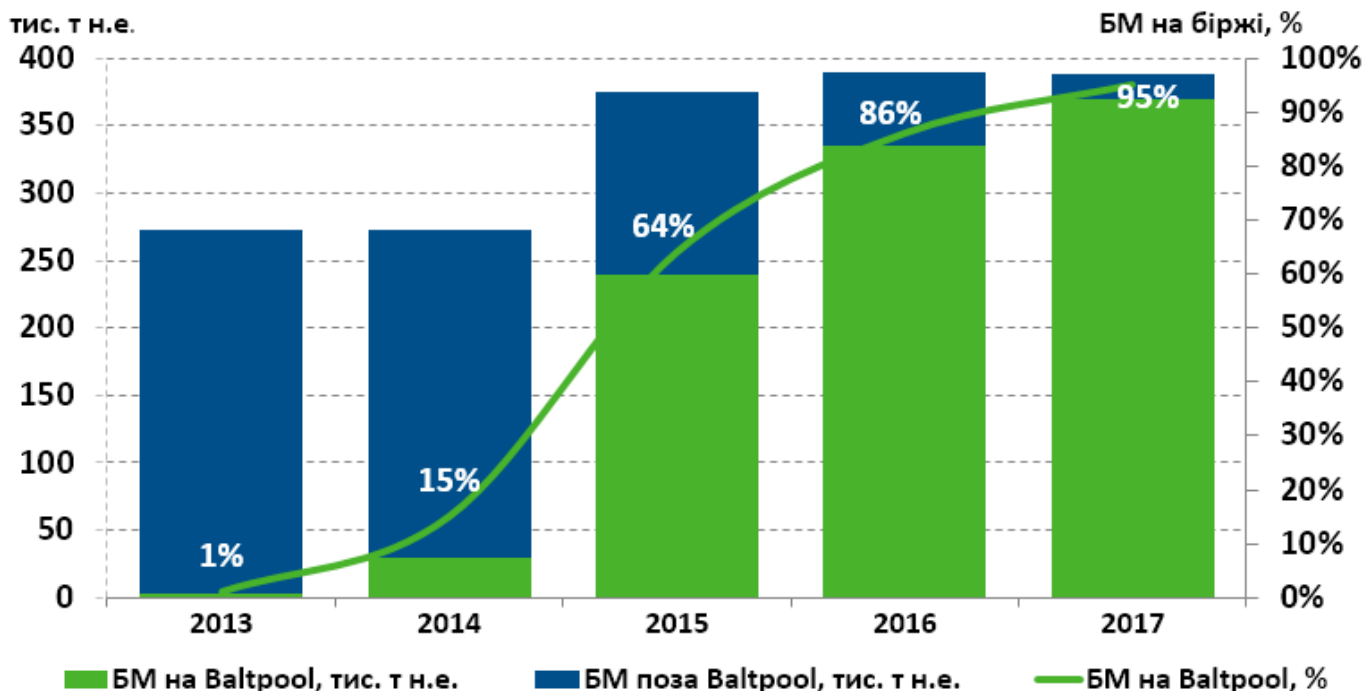
- Гарантія надійності і якості постачання біопалива.** Розвинуто в європейських країнах.
- Зменшення обсягу організаційних витрат, можливість працювати з одним надійним постачальником, відсутність контактів з багатьма власниками/постачальниками.
- Неможливий варіант при відсутності біопаливної біржи, спеціалізованих компаній-постачальників.**

Кращий приклад європейської практики: Біопаливна біржа Valtpool

- **Перша** біопаливна біржа в Європі (Литва, 2012 р.). Електронна система торгівлі.
- **Візія** – стати вибором №1 для сталої торгівлі біомасою в Європі.
- **Види біопалива** на біржі: деревні тріски (5 видів), деревні гранули (4), подрібнена використана деревина (2), суміш лігніну та деревної біомаси
- Регульовані енергокомпанії були **зобов'язані купувати** тверду біомасу через Valtpool: 2014 – **10%**, 2015 – **50%**, 2016 – **100%**.



Динаміка росту купівлі біомаси через VALTPPOOL



*Розширення географії діяльності Valtpool:
Латвія, Естонія, Польща, Фінляндія,
Швеція, Данія*

Valtpool сьогодні:

- ✓ > **550** учасників (покупців, продавців)
- ✓ понад **45000** виконаних контрактів
- ✓ більше **62** млн євро товарообіг
- ✓ понад **5** ТВт·год обсяг торгівлі БМ

Джерела: <https://www.baltpool.eu>
Аналітична записка UABIO №18 (2017)
<https://uabio.org/activity/290/>

Біопаливна біржа Midwest Biomass Exchange

- **Торгівля біомасою онлайн** для покупців і продавців біомаси з США і Канади.
- Представлено багато видів **деревної біомаси та біомаси с/г походження**: деревні гранули, брикети, тріски, тирса, використана деревина, обрізки плодових дерев; солома, стебла кукурудзи, стрижні кукурудзи, лушпайка риса; біомаса енергетичних рослин (верба, міскантус, тополя, свічграс) та ін.
- Біржа пропонує типові договори на купівлю біомаси, перевірку якості, систему онлайн-транзакцій, логістичні послуги.
- Біржою управляє компанія Heating the Midwest, Inc.



<http://www.mbioex.com/>

Сільськогосподарські залишки

Особливості заготівлі та постачання первинних с/г залишків



- Сезонна доступність біомаси
- Низька щільність біомаси
- Спеціалізоване обладнання для збору та обробки



- Сезонні потреби в ресурсах
- Підвищена потреба у транспортному / вантажному обладнанні та складських приміщеннях
- Складна структура ланцюга постачання



- Збільшення витрат на ланцюг постачання, **необхідність спеціального планування**

*Збір соломи з поля має відбуватися відразу після збору урожаю зернових. Це унеможливить збільшення вологості внаслідок випадання опадів та дозволить відразу приступити до операцій по обробці ґрунту. Згідно типових сівозмін господарств, збір соломи з полів може тривати не більше **14** днів після закінчення збору урожаю зернових.*

Рекомендації для організації ефективної логістики рослинних залишків на прикладі соломи



Заготівля:

- врахування **коротких** термінів збору врожаю та **обмежених** термінів вивезення агровідходів з поля;
- можливість заготівлі різних агровідходів, збір яких проводиться в різний період часу (ріпак, пшениця, овес, жито, кукурудза, ін.);
- необхідність використання сучасної, надійної і високопродуктивної техніки в **потрібній кількості**;
- можливість використання б/у техніки;
- повна або часткова наявність власної техніки;
- оренда/лізинг техніки, залучення спеціалізованих організацій із власною технікою;
- здійснення заготівлі за умови, що вологість сировини не перевищує **15%**;
- **кут** нахилу полів має бути **мін.**, а розмір полів та їх концентрація – макс.;
- мінімізація **тиску** на ґрунт від використання техніки;
- оптимальною для заготівлі є кількість соломи **не менше 3 т/га**;
- за щільності валка < **1,5 кг/м** рекомендується додаткове використання грабелів для здвоєння валків перед пресуванням;
- рекомендована щільність пресування соломи в тюки: **120-140 кг/м³***;
- висота тюків: 0,7 і **1,3 м**; довжина тюків: **2,4-2,5 м***.

** Практично відповідає параметрам великих прямокутних тюків.*



Рекомендації для організації ефективної логістики рослинних залишків на прикладі соломи (2)

Транспортування:

- використання підбирача тюків, платформ для тюків та причепів довжиною 12-16 м для перевезення в межах поля та на відстань **до 5 км**;
- допустима висота перевезення вантажу – 4,5 м (3 x 1,3м або 5 x 0,7м), висота завантаження причепу – до 1 м;
- вантажопідйомність – **10-15 т**;
- перевага використання **вантажівок з причепом** довжиною 7,5-8 м кожен;
- завчасне облаштування зручних виїздів / з'їздів з полів;
- надійне **кріплення** і використання стропів;
- використання **тентового накриття** під час перевезення дорогами загального користування.



Складування:

- висота складування до 8 м (6 x 1,3 м) з можливістю автоматичного розвантаження платформи підбирача тюків;
- тимчасове зберігання на території об'єктів енергетики в **закритих складах**;
- використання **накриття** (солома, плівка) за тривалого зберігання на полі, зберігання під **навісами**;
- облаштування протипожежних заходів (розриви, блискавкозахист, оборювання);
- використання **фронтальних** або **телескопічних** навантажувачів 1,5 т з вильотом стріли **10-12 м**.



Рекомендації для організації ефективної логістики рослинних залишків на прикладі соломи (3)

Загальні рекомендації:

- **Оптимізація** всіх складових ланцюжка постачання.
- **Мінімальна** кількість перевантажень та проходів техніки.
- **Наявність** в Україні сервісного обслуговування, бажано 24/7.
- **Наявність** складів запасних частин.
- Використання **сучасних** систем навігації та контролю витрат палива, а також **автоматичної** реєстрації ваги та вологості тюків.



Досвід Данії: забезпечення соломою біоенергетичних установок



Солома: ~ 5,5 млн т/рік

- 30% - тваринництво
- 40% - залишається у полі
- 30% - енергетика**



- Місцеві групи виробників соломи (для 1-2 покупців)
- Кооперативи (місцеві, регіональні)
- **Датська організація постачальників соломи** (об'єднує фермерів, для яких постачання соломи є пріоритетом діяльності <http://www.danskhalm.dk>)



Форми торгівлі

- ✓ **Локальна:** 1-3 фермери для малої/середньої котельні ЦТ або ТЕЦ. Контракти на 1-10 років.
- ✓ **Оптова:** компанія купляє солом у виробників в регіоні і постачає на котельні/ТЕЦ.
- ✓ **Тендери** (заявки від індивідуальних фермерів, груп, кооперативів), **аукціони** (Датська організація постачальників соломи). Контракти на 1-5 років.

Досвід Данії: логістика постачання соломи

Після збору врожаю зернових солома залишається у валках на полі, після чого до неї застосовуються наступні технологічні операції в залежності від погодних умов та інших факторів:

- Згрібання
- Тюкування
- Перевезення по полю
- Навантаження та розвантаження з вантажівок
- Гранулювання, брикетування або подрібнення
- Децентралізоване зберігання
- Перевезення автомобільними дорогами
- Розвантаження на енергетичному об'єкті
- Реєстрація ваги та вологості
- Зберігання на проміжному складі енергетичної установки



*Розрізняють соломку **жовту** (вміст хлору **0,75%**) і **сіру** (вміст хлору **0,2%**).
Для порівняння: в деревній трісці вміст хлору **0,02%**.*

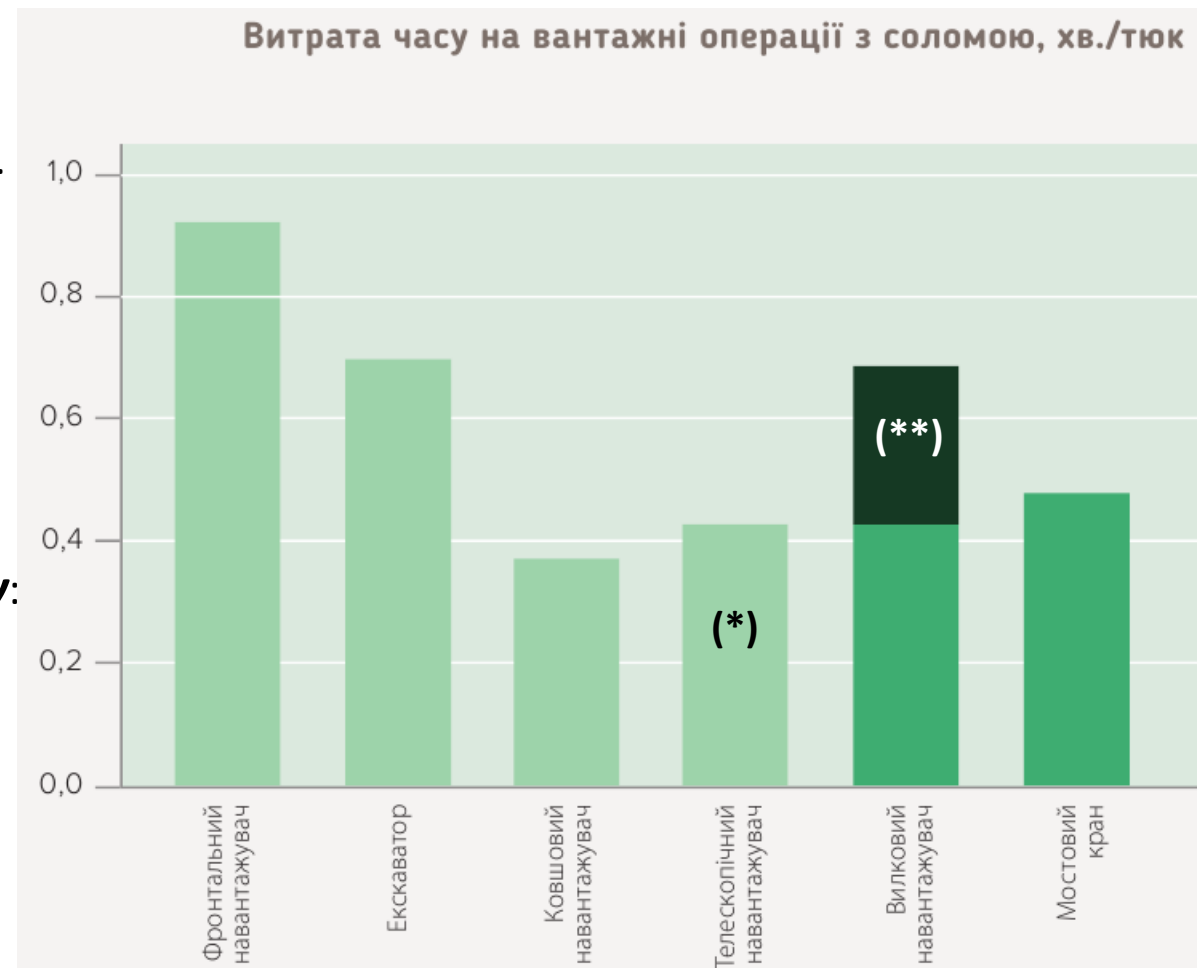
Досвід Данії: логістика постачання соломи (2)

Зрібання: Сучасні граблі призначені для розподілення соломи у валку по всій ширині граблів (для сушіння на повітрі) або для збирання/перевертання соломи в валках.

Тюкування: На сьогодні майже всі електростанції і котельні ЦТ Данії використовують **великі або середньо-великі** тюки. Напрямки підвищення **ефективності** ланцюжка постачання: збільшення щільності тюків, перевезення 3-х шарів середньо-великих тюків замість 2-х шарів великих тюків.

Переробка у гранули, брикети або солону-січку: Гранули з соломи практично не використовуються, оскільки наразі тюки економічно вигідніші.

Навантаження та розвантаження з вантажівок: Телескопічні навантажувачі (*) мають більшу вантажопідйомність і можуть піднімати тюки соломи вище, завдяки чому зменшуються витрати на зберігання. Набувають дедалі більшого **поширення**.



(**) При розвантаженні вилковим навантажувачем додатковий час витрачається на зважування та аналіз вологості соломи.

Досвід Данії: логістика постачання соломи (3)

Перевезення по полю: Трактором з причепом до складу на краю поля або до іншого децентралізованого складу (наприклад, на фермі)

Децентралізоване зберігання: критий склад (найдорожче), склади без стін, обгортання плівкою, відкрите зберігання (найдешевше).

Перевезення автомобільними дорогами: Вантажівкою (з причепом). Якщо відстань невелика (зазвичай <10 км), то тюки можна перевозити **трактором з причепом**.

Розвантаження на енергооб'єкті: Фронтальні навантажувачі на невеликих котельнях ЦТ; авто-розвантаження **краном** на потужних установках.

Реєстрація ваги та вологості: Фронтальний навантажувач: зважування на платформних вагах, вологість тюків реєструється **вручну** за допомогою зонда вологоміра. Багато кранів оснащені технологією **автоматичної** реєстрації ваги та вологості тюків (мікрохвилі).

Зберігання на енергооб'єкті: Загалом, ємність проміжного складу на установці становить всього **декілька днів**, тому переважна більшість об'єму річного споживання соломи має зберігатися на **децентралізованих складах**.



Приклад Данії: система ЦТ на соломі у с. Ульб'єрг

- Система ЦТ на газі з 1991 р. Нова котельня ЦТ на соломі **1 МВт** з 2016 р. (187 споживачів в мережі).
- Як паливо, в основному, використовується якісна солома пшениці та жита вологістю до **20%**. Котел може працювати на інших с/г залишках. Додатково: деревні тріски вологістю до 30%, тирса.
- Споживання соломи: 1000 т/рік. **Солома у вигляді великих тюків постачається місцевими фермерами (локальна торгівля).**
- **Склад соломи на котельні: 700 великих тюків, 550 кг кожний.**
- Зола з котла повертається фермерам для використання як добриво.



Приклад Данії: котельня системи ЦТ на соломі м. Рінгстед

- Система ЦТ: два котли на соломі по 8,5 МВт; ТЕЦ на суміші біометану і природного газу.
- Тюкована солома закуповується через тендери у фермерів, які пропонують кращі умови поставки.
- Контракти на постачання біомаси підписуються на строк 1-3 роки. Ціна соломи (2021) 85-90 євро/т з доставкою на склад котельні.
- Спеціальними датчиками визначається вологість кожного тюка (в середньому 11-12%).
- Зола після спалювання соломи повертається фермерам для використання як добриво на полях. Частка утвореної золи до маси соломи складає близько 3%.



Приклад Данії: ТЕЦ на соломі Лісб'єрг

- ТЕЦ **38 МВт_е + 110 МВт_т** введена в експлуатацію у 2017 р. У Данії вона є однією з найбільших у своєму класі.
- Забезпечує 20% потреби в централізованому теплопостачанні Орхуса, другого за величиною міста Данії.
- Річне споживання соломи – до 240 тис. т.
- **Солому доставляють з місцевих фермерських господарств (оптова торгівля).**
- ТЕЦ також може на 50% працювати на деревних трісках.
- Зола від спалювання біомаси продається для використання як добриво.



Джерела: <https://uabio.org/news/9341/>; <https://www.cowi.com/solutions/energy/biomass-chp-in-lisbjerg-denmark>
https://dbpedia.org/page/Lisbjerg_Power_Station

Приклад Об'єднаного Королівства: ТЕЦ на соломі (м. Сліфорд)

- **ТЕЦ Sleaford Renewable Energy Plant 38,5 МВт_e** (2014) поблизу м. Сліфорд, Англія.
- 30 осіб працює на ТЕЦ, 50 осіб залучено в сфері постачання палива.
- Споживання соломи 240 тис. т/рік. Є опція додавання до 20% деревних трісок.
- Постачанням палива займається **енергетична компанія Eco2** (працює в Об'єднаному Королівстві і ЄС).
- **Солома (великі тюки)** постачається з ферм в радіусі 80 км.



Джерела: Аналітично записка БАУ № 24 (2020) <https://uabio.org/materials/8685/>;
<https://www.sleafordrep.co.uk/about-us/>; <https://uabio.org/en/news/uabio-news/13840/>

Приклад Іспанії: опалення гірського готелю соломомою

- Розташування: Murillo de Gallego, гірська місцевість
- Рік реалізації проєкту: 2018
- Котел ACR ECOCALDERAS **250 кВт** на тюках соломи
- Споживання соломи: 280 т/рік
- **Джерело соломи: поля власників курортного готелю**



Джерела: AgroBioHeat https://agrobioheat.eu/wp-content/uploads/2020/10/AgroBioHeat_D3.1_agrobiomass-heating-facilities_v1.0-1.pdf
Аналітично записка БАУ № 24 (2020)
<https://uabio.org/materials/8685/>

Приклади потужних установок на соломі в Іспанії:

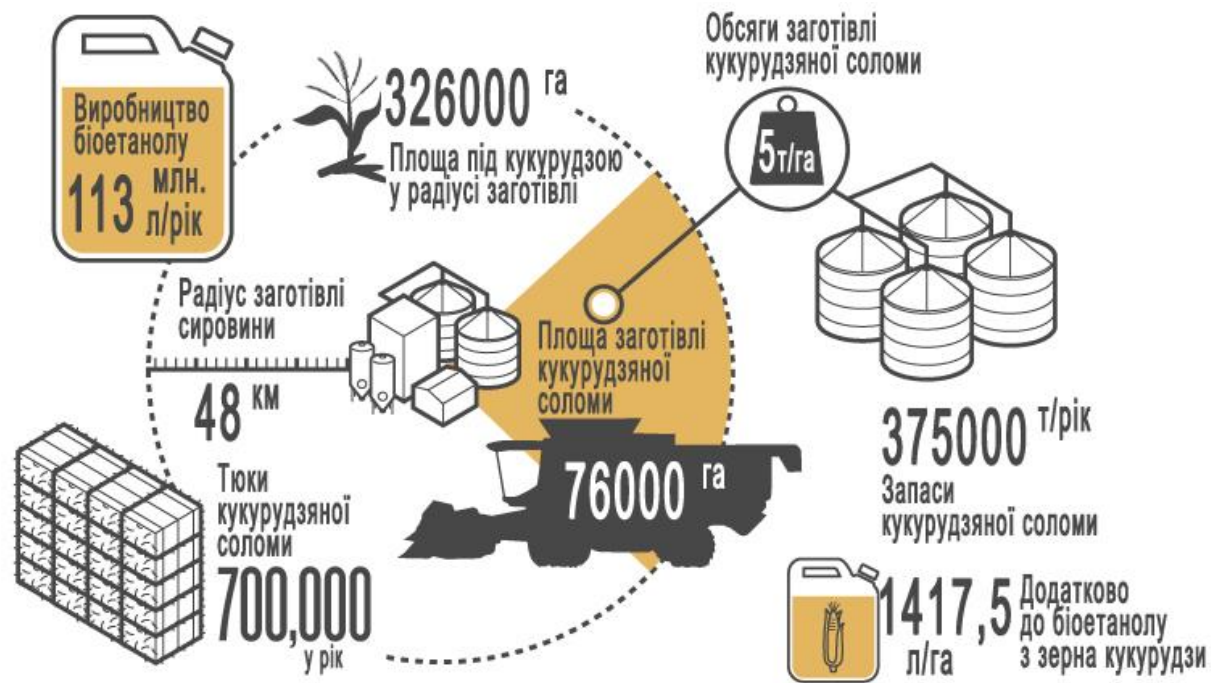
- Електростанція Sangüesa 30 МВт_е (2002 р.) споживає 160 тис. т/рік соломи, що постачається місцевими фермерами з території радіусом 75 км.
- ТЕЦ Vivriesca 16 МВт_е (2010 р.) розташована в сільськогосподарському регіоні. **17 спеціалізованих компаній** постачають 102 тис. т соломи на рік за довгостроковими контрактами.

Приклад України: опалення соломною птахокомплексу Дніпровський

- Розташування: Нікополь, Дніпропетровська обл., Україна.
- Перехід з природного газу на біопаливо: 2012.
- Котли чеської компанії TTS Group: 2 × 5 МВт на соломі.
- **Джерело соломи: власні поля підприємства (пшениця, ячмінь – 7600 га); середній вихід соломи 3 т/га; середній радіус поставки 15 км (діапазон розташування полів 3-40 км). Сусідні господарства пропонують соломі ріпаку.**
- Заготовка: 10 тис. т/рік тюків соломи з ~3 тис. га. Зберігання: 3 склади, 2 скирти. Бригада по заготівлі: 10 чол. Придбано 3 прес-підбирача соломи, використовуються 2 (1 запасний).
- Короткий період заготівлі: 2 міс. (липень, серпень). Швидкість роботи 1 прес-підбирача: 50 га/день. Заготівлю затримує вивіз і складування тюків. Складування по висоті – 6 тюків (по 90 см). Вологість при заготівлі 10-12%, на складі котелень – 15%; котел працює до 17%.
- Котли працюють 8 міс./рік. Влітку персонал задіяний на заготівлі соломи.



Практичний досвід заготівлі великих обсягів побічної продукції кукурудзи на зерно компанії DuPont, 2015-2018 рр. (США)



Джерела: Аналітична записка БАУ № 16 (2016)
<https://uabio.org/activity/305/>; bit.ly/45UvSM4

- ❖ У 2015 р. у м. Невада (Айова, США) розпочав роботу найбільший у світі завод з виробництва целюлозного біоетанолу.
- ❖ Кукурудзиння збирали з 500 найближчих ферм. Фермери отримували кошти за доступ до поля та за обсяги поживних елементів, які забиралися разом з побічною продукцією кукурудзи.
- ❖ DuPont уклала **контракти з місцевими фермерами на таких умовах:** Розташування поля у радіусі **48 км** від Невади; Кукурудза повинна вирощуватися за системою обробітку ґрунту No-till або консервуючою; Урожайність не менше **12,2 т/га**; Відносно рівні поля (нахил поверхні не більше **4%**).
- ❖ На заводі було зайнято 85 постійних працівників, ще **150 працівників** забезпечували збирання, транспортування та зберігання паливної сировини.

➔ У 2018 р. компанія VERBIO North America Corporation викупила біоетанольний завод для започаткування виробництва відновлюваного природного газу (RNG) (виробництво почалося у 2021 р.)

Приклад Австрії: торгівельно-логістичний центр для сільськогосподарської біомаси Tschiggerl-Agrar (Австрія)

- У рамках європейського проєкту SUCELLOG (2014-2017 рр.) було пропрацьовано питання можливості створення **торгівельно-логістичних центрів (ТЛЦ)** для біомаси агропромислового походження в Іспанії, Франції, Італії, Австрії. Підхід – **інтегрування виробництва і постачання біопалива** в звичайну роботу агро-компаній.
- У 2016 р. започатковано роботу ТЛЦ Tschiggerl Agrar у Штирії на базі компанії, що займається заготівлею, переробкою та торгівлею зерновими культурами, а також виробництвом кормових гранул для худоби.
- Новий напрямок бізнесу – **постачання біопалива** у вигляді цілих або подрібнених **стрижнів кукурудзи** (3000 т/рік) і **гранул зі стрижнів кукурудзи** (1500 т/рік) для місцевих фермерів та промислових споживачів.
- З 2016 р. у Штирії дозволено використання палива зі стрижнів кукурудзи у приватних домогосподарствах (проєкт SUCELLOG сприяв зміні законодавства).



Порубкові залишки

A photograph of a forest clearing. In the foreground, there is a large pile of cut logs and branches, some of which are still attached to their roots. The ground is covered with green moss and small plants. In the background, there is a dense forest of tall, thin pine trees. The sky is visible through the trees, showing a clear blue color.

Способи заготівлі порубкових залишок

□ *Подрібнення порубкових залишок на місці утворення в лісі*

- Потрібна високомобільна **рубальна машина**, оснащена **контейнером** для трісок об'ємом 15-20 м³.
- Рубальна машина перевозить тріски на площадку біля дороги. Тріски з контейнера (який може нахилитися для розвантаження) вивантажуються у **вантажівку** для доставки на енергетичну установку.
- Схема **не підходить** для заготівлі великих обсягів деревних трісок.

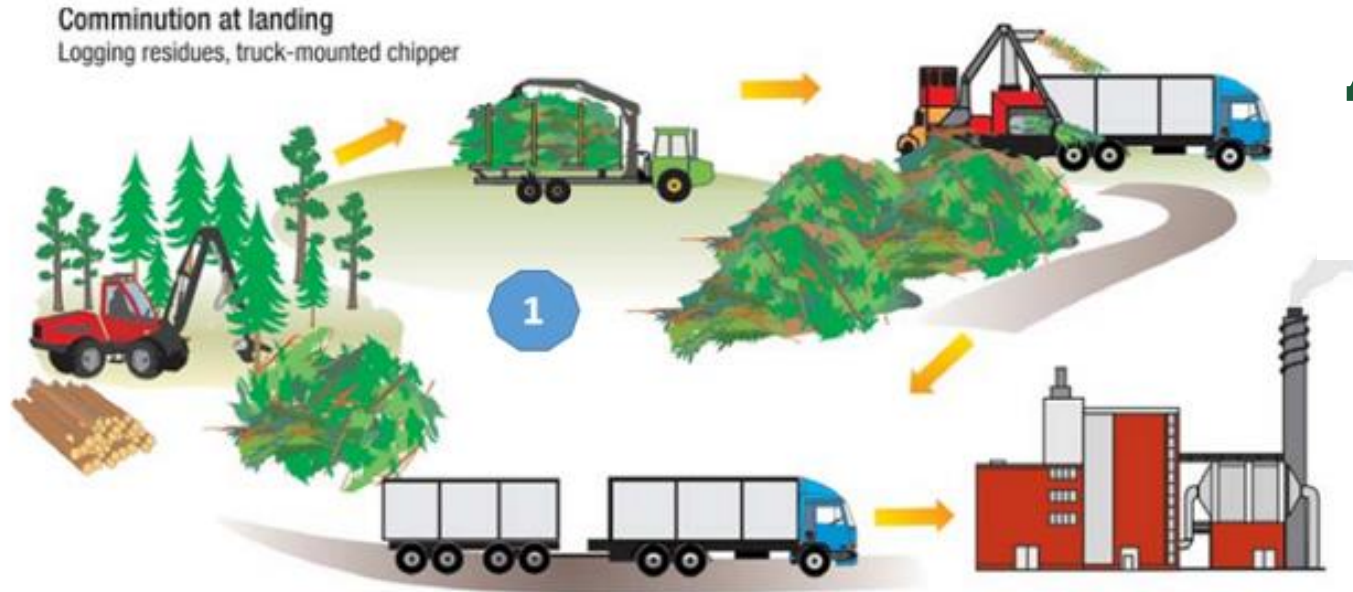
□ *Подрібнення на площадці біля дороги*

- На сьогодні **найбільш розповсюджений варіант**, особливо у скандинавських країнах (Фінляндія, Швеція). Порубкові рештки збираються і доставляються до дороги **форвардером**, де викладаються у вигляді **валів** для зберігання протягом певного періоду часу з метою сушки.
- Тріски виробляються пересувною **рубальною машиною**, агрегованою з с/г трактором, і вивозяться з лісу **вантажівками**. Інший варіант – виробництво і перевезення деревних трісок **комбінованою машиною** – автотрісковозом, оснащеним рубальним модулем (підходить для менших обсягів трісок).
- Тріски транспортуються безпосередньо на енергетичну установку або на проміжний склад.

□ *Подрібнення на території енергетичного об'єкту або на проміжному складі*

- Незалежна робота рубальної машини і вантажівки.
- Замість мобільних рубальних машин можуть використовуватися стаціонарні **дробарки**.
- Рекомендується перевезення лісосічних відходів у вигляді **тюків/в'язанок**.
- Термінал: БМ може зберігатися неподрібною і подрібнюватися у зимовий період, коли великий попит.

Варіанти виробництва деревних трісок з порубкових залишок на площадці біля дороги



2 Порубкові рештки доставляються до дороги форвардером. Тріска виробляється і транспортується автотрісковозом, оснащеним рубальним модулем (комбінована машина).

1 Порубкові рештки доставляються до дороги форвардером. Тріска виробляється пересувною рубальною машиною, агрегованою з с/г трактором, і транспортується вантажівками з причепом.



Джерело: Аналітично записка БАУ № 19 (2018)
<https://uabio.org/activity/276/>

Приклади операцій з порубковими залишками та техніки



Складання порубкових залишок у купу форвардером



Виробництво деревних трісок рубальною машиною, агрегованою з с/г трактором



Формування тюків

Виробництво деревних трісок автотрісковозом, оснащеним рубальним модулем



Формування в'язанок



Досвід Фінляндії в логістиці постачання деревного палива

- ❖ Постачання деревних трісок на котельні ЦТ та ТЕЦ зазвичай інтегровано у загальну систему торгівлі круглим лісоматеріалом. Постачальники деревних трісок купують їх у компаній, які займаються торгівлею лісоматеріалами.
- ❖ Доставка до енергетичного об'єкта здійснюється самим постачальником або найманою транспортною компанією. Оплата залежить від енерговмісту біопалива (контроль якості).
- ❖ Сучасні підприємства-виробники гранул зазвичай мають власні ТЕЦ на біомасі для забезпечення потреб у технологічному теплі. Надлишок теплоти подається у місцеву систему ЦТ. Поставка гранул на ТЕЦ та котельні часто відбувається за прямими контрактами між виробником і споживачем.



Котельня 2 МВт на деревних трісках кооперативу Eno Energia

Енергетичний кооператив Eno Energia (з 1999 р.)

Три котельні (2 МВт, 0,8 МВт, 2 МВт), мережа ЦТ. Деревна тріска **постачається з лісів членів кооперативу**, а також додатково закуповується на місцевому ринку. Додаткова діяльність: постачання теплової енергії приватному клієнту і деревних трісок приватній котельні.

Приклад Німеччини: система ЦТ на деревних трісках в енергетичному кооперативі Оберросффе

Для переходу з мазуту і природного газу на ВДЕ в с. Оберросффе у 2007 р. був створений енергетичний кооператив (біоенергетичне село). У 2015 р. село увійшло до новоствореного енергетичного кооперативу, що складається з 7 сусідніх біоенергетичних сіл.

Загальні інвестиції: 3,8 млн євро. Фінансування: кооператив – 700 тис. євро; урядовий грант – 200 тис. євро; грант ЄС – 800 тис. євро; кредит – 2,1 млн євро.



Впроваджені об'єкти відновлюваної енергетики

- ❑ Котел на деревній трісці 850 кВт (2008 р.; 700 кВт з 2015 р.). Теплотраса ЦТ 7 км. **Деревна біомаса постачається з найближчого лісу та від обрізки лісосмуг вздовж сусідніх доріг; додатково закупається деревна тріска від постачальників.**
- ❑ Біогазова ТЕЦ (2012 р.) постачає тепло в локальну теплову мережу.
- ❑ Дві дахові фотовольтаїчні СЕС 77 кВт та 78 кВт (2008-2009 рр.)

Новий кооператив (об'єднання біоенергетичних сіл) займається **централізованою закупівлею деревної тріски** і вивозом золи, надає своїм членам у користування техніку. Можливість отримувати певні послуги і обмінюватися професійним досвідом.



Приклад Німеччини: система ЦТ на деревних трісках в енергетичному кооперативі Оберросффе (2)



Приклад Хорватії: ТЕЦ на деревній біомасі біля м. Карловаць

- ✓ Рік будівництва і запуску: 2020 р., ТЕЦ «BE-TO Karlovac».
- ✓ Потужність: **5,7 МВт_e + 10 МВт_t**
- ✓ Електроенергія постачається у мережу. Теплова енергія використовується для власних потреб, а також для виробництва пелет і сушіння деревної продукції.
- ✓ **Паливо: деревні тріски з відходів місцевої лісової деревини. Доставляється вантажівками.**
- ✓ Споживання біопалива: понад 76 тис. т/рік.
- ✓ Вологість біопалива: 30-55%.
- ✓ Надійний варіант **закупівлі деревних трісок** через **державну компанію Hrvatske Šume**, відповідальну за лісовий менеджмент в Хорватії.



Приклад Фінляндії: ТЕЦ на деревних трісках системи ЦТ

- Розташування: JÄRVENPÄÄ (південь Фінляндії)
- Рік будівництва: 2013
- Потужність ТЕЦ: **23 МВт_е + 60 МВт_т**
- Споживання біомаси: 417 ГВт*год
- Біомаса: **деревні тріски (80%)**, деревні/картонні відходи, торф, кінський гній.
- Тріски виробляються з стовбурів, невеликих дерев, порубкових решток, кори, відходів лісопильних заводів. Тріски постачаються з радіусу 100 км вантажівками – в середньому 35 вантажівок на день. Постачанням біомаси займаються 80 працівників.
- Оскільки ТЕЦ розташована на околиці міста біля шосе, інтенсивний трафік вантажівок не створює проблем для населення.



Приклад Угорщини: «зелене» місто Печ

- ТЕЦ 50 МВт_{ел} + 190 МВт_т на деревних трісках з відходів деревини і ТЕЦ 35 МВт_{ел} +72 МВт_т на тюках соломі постачають тепло в систему ЦТ міста.
- Споживання деревної біомаси: 450 тис. т/рік
- **Деревні тріски виробляються на ТЕЦ.**
- **Довгострокові контракти з регіональними лісовими господарствами (низькоякісна деревина від лісових пожеж, 60% загальної потреби) і лісопильними заводами (відходи).**



Приклад Швеції: ТЕЦ VÄRTAN на деревній біомасі (Стокгольм)

- ✓ ТЕЦ 130 МВт_{ел} + 280 МВт_т, початок роботи у 2016 р.
- ✓ Подача тепла у систему ЦТ міста.
- ✓ Розташування майже у центрі Стокгольму.
- ✓ **Деревні тріски** постачаються у спеціальних контейнерах (58 м³) **морським** (3-4 доставки на тиждень, імпорт з регіону Балтійського моря, 60% загальної потреби) і **залізничним** (6 днів на тиждень, внутрішнього походження) транспортом.
- ✓ Споживання біопалива: 12 тис. м³/день, 3 млн м³/рік.
- ✓ Підземне сховище для деревних трісок на 50 тис. м³.



Джерела: <https://www.worldbioenergy.org/uploads/Factsheet%20-%20Biomass%20Supply%20Chains.pdf>
https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2018/02/8-LargeCHP-Va%CC%88rtaverket_SE_Final.pdf

Концепція торгівельно-логістичних центрів для деревної біомаси (Австрія)

Мета створення логістично-торгівельних центрів (ТЛЦ): **підвищення надійності** постачання паливної біомаси споживачам (населенню, комерційним споживачам, котельням, ТЕЦ); забезпечення **більших** обсягів деревного біопалива; **залучення** власників лісу як безпосередніх гравців ринку біопалива; забезпечення високої якості біопалива. Сьогодні ТЛЦ **координують** весь ланцюжок постачання деревного палива – від заготівлі і доставки до центру до постачання кінцевим споживачам.



ТЛЦ Рабталь (Штирія, Австрія)

Критерії створення ТЛЦ:

- ✓ Центр має об'єднувати щонайменше 10 власників лісу.
- ✓ Мін. обсяг зберігання деревини: 500 м³ або 1 млн кВт·год за енерговмістом.
- ✓ Мін. вимоги до інфраструктури і обладнання: наявність складу, платформних ваг, додаткової площі для зберігання сировини, системи обліку, яка враховує вагу та вологість біомаси.
- ✓ Центр має постачати дрова та деревні тріски, отримані з **місцевих лісів**. Імпорт сировини заборонений.

Джерела: http://bioesproject.eu/wp-content/uploads/2016/02/Potentials-and-Limitations-for-the-Transfer-of-Good-Practice-Examples_Dec.2015.pdf; <https://doi.org/10.31472/ihe.5.2017.18>

Приклад Австрії: торгівельно-логістичний центр для деревної біомаси Леобен

- ❑ Торгівельно-логістичний центр (ТЛЦ) заснований у 2010 р. як кооператив і через 4 роки роботи проданий Асоціації власників лісу (більшість членів кооперативу були також членами Асоціації).
- ❑ Створений на території старого лісопильного заводу. ТЛЦ має офісне приміщення і склад, забезпечений завантажувальним пристроєм, платформними вагами, телескопічним вилковим навантажувачем, сушильною піччю, пакувальним обладнанням, а також **автоматизованою системою приймання**, яка дозволяє приймати та вести облік поставленої деревини у період відсутності працівників центру.



Виробництво деревних трісок у ЛТЦ Леобену (Штирія, Австрія)

- ❑ ТЛЦ розташований недалеко від автомагістралі (3-4 км) між двома містами з населенням по 150 тис. чол.
- ❑ Основною продукцією є **деревні тріски** (40 тис. м³/рік) і **дрова** (600 м³/рік).
- ❑ Споживачі продукції – промислові підприємства, муніципалітети, приватні домогосподарства.
- ❑ Центр пропонує послуги з **доставки**, але клієнти можуть також **самостійно** забирати продукцію з його території.

Приклади торгівельно-логістичний центрів для деревної біомаси в інших країнах

Biomassehof Allgäu (кооператив, з 1999 р., Німеччина).

90% деревної біомаси є місцевого походження. Продукція центру: гранули, брикети, дрова (власне виробництво), деревні тріски (закупівля/власне виробництво).

Biomassehof Achental (державно-приватне партнерство, з 1999 р., Німеччина)

Діяльність: доставка упакованих сертифікованих гранул (покупні) та деревних трісок (власне виробництво) різної якості, вирощування енергорослин, експлуатація котельні та мереж ЦТ, реалізація нових біоенергетичних проєктів.


BIOMASA d.o.o. (з 2008 р., Словенія)

Діяльність: виробництво, продаж гранул з доставкою, продаж трісок з доставкою, продаж/встановлення/обслуговування котлів на біомасі.

BIOFIT d.o.o. (Словенія). Обслуговує весь центр країни.

Діяльність: виробництво, продаж/постачання трісок; продаж/постачання гранул





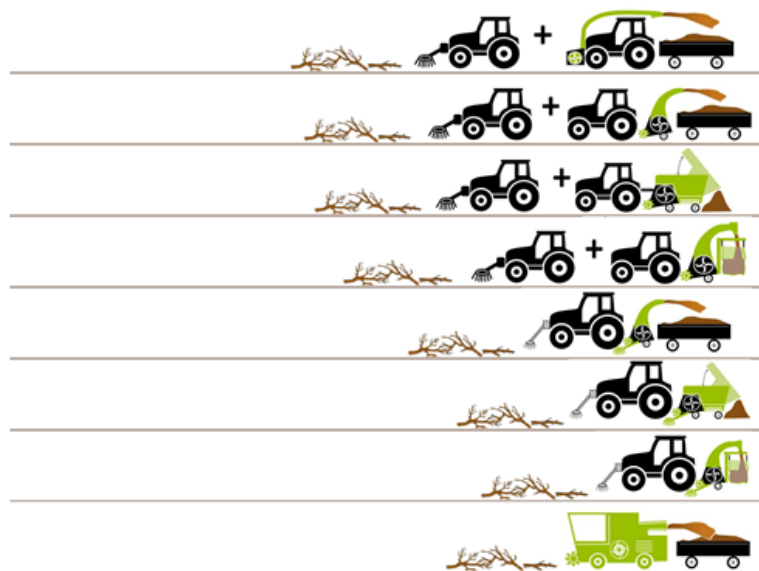
**Біомаса від обрізки та видалення
садів і виноградників**

Варіанти заготівлі біомаси від обрізки плантацій

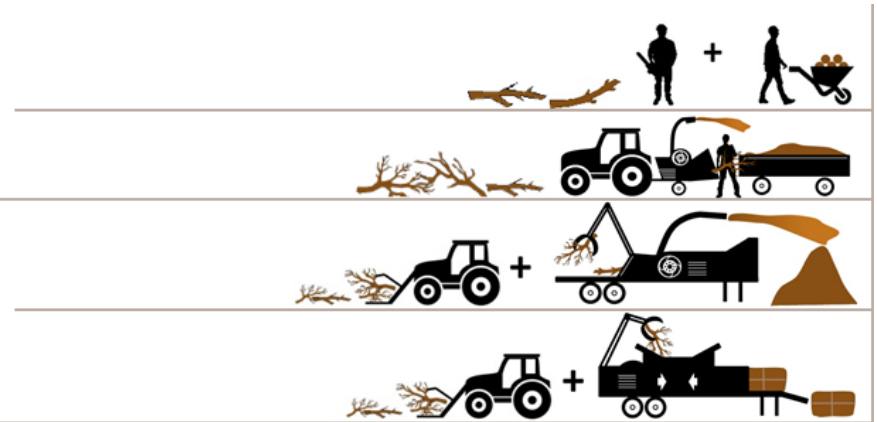
Переміщення/стягування віток на край плантації → Подрібнення / тюкування

Збір, поєднаний з подрібненням / тюкуванням

INTEGRATED COLLECTION WITH SHREDDING / CHIPPING



HAULAGE + SHREDDING / MANUALLY CHIPPING



Обрізка, поєднана з подрібненням

PRUNING INTEGRATED WITH COLLECTION



Демонстраційний проєкт із енергетичного використання деревини від обрізки садів у Київській області (проєкт uP_running Програми ЄС Горизонт 2020)

Відео: Збір, подрібнення, спалювання в котлі біомаси від обрізки фруктових садів

Варіант заготівлі : збір, поєднаний з подрібненням



Приклад Польщі: виробництво теплової енергії з обрізок яблуневих дерев (с. Венява)



Варіант заготівлі : збір, поєднаний з тюкуванням



- ❖ **Опалення** біомасою (солома, **обрізки**) адміністративної будівлі (з 2004 р., котли 600 кВт, 250 кВт) і шкільного комплексу (з 2012 р., котли 2*300 кВт). **Ініціатор** проекту, **постачальник** обрізок – компанія Gospodarstwo Sadownicze (власник садів). Проект реалізований за кошти власника компанії.
- ❖ Біомаса продається по **середній ціні дров** (за суху масу), яка оприлюднюється Центральним офісом статистики Польщі.
- ❖ Споживання біомаси від обрізки котлами с. Венява близько 130 т (с.м.)/рік, що складає **10%** для котлів адм. будівлі і **25%** для котлів школи (**додаткове паливо**). Основне паливо – солома.
- ❖ **Перевагою** обрізок є нижча ціна порівняно з тюкованою соломою і кращі паливні характеристики.

Приклад Іспанії: виробництво тепла з виноградної лози в системі ЦТ м. Вілафранка-дель-Пенедес

- Приватні та державні учасники об'єдналися для виробництва тепла із виноградної лози (проект Vineyards4heat).
- Рік започаткування: 2015. Інвестиції: 600 тис. €
- Котли: **400 кВт (ЦТ)**, 120 кВт (тепло для винного заводу).
- Споживання біомаси: 225 т/рік; **потенціал**: 30 тис. т/рік.
- Лоза збирається у **~45 фермерів в радіусі до 15 км від місця зберігання**. Лозу з 0,5 га виноградників збирають за годину. Обрізки залишаються на землі протягом ~ 30 днів для зменшення вологості до 30%. Обсяг обрізок: 0,5-0,7 т/га.
- Збирання та подрібнення лози \varnothing до 5 см здійснюється подрібнювачем Cobra Collina B1400 (PERUZZO), обладнаним бункером-накопичувачем 1,5 м³. Контейнер розвантажується у причеп та перевозиться до місця зберігання. Втрати сировини < 1 %. При розвантаженні бункер піднімається на висоту 2,6 м, що дає можливість розвантажувати біомасу у високі причепа.



Збирання та подрібнення виноградної лози



*Бункер 110 м³
на 7 днів*



Котел 400 кВт



Приклад Іспанії: виробництво тепла з виноградної лози в системі ЦТ м. Вілафранка-дель-Пенедес (2)

Відео: Збір та подрібнення виноградної лози

Варіант заготівлі : збір, поєднаний з подрібненням



Семінар та екскурсія на біоенергетичні об'єкти в Іспанії:
Використання виноградних обрізків для виробництва
теплової енергії

27 лютого 2020 р., Вілафранка-дель-Пенедес (Vilafranca del Penedès), Іспанія



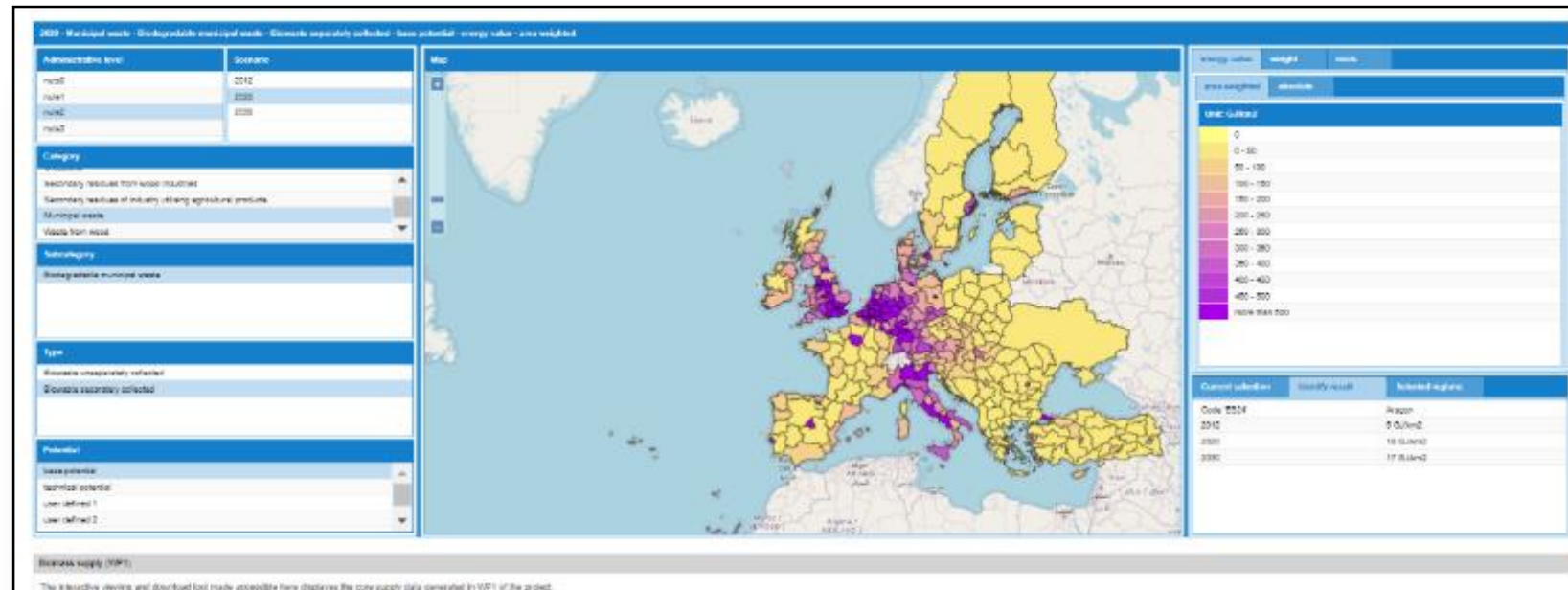
**Приклади онлайн інструментів локалізації
ресурсів біомаси**

Онлайн інструменти локалізації біомаси: проєкт S2BIOM 7-ї Рамкової Програми ЄС (2013-2016)

<https://www.s2biom.eu/>

Розроблено онлайн інструменти для створення ефективних ланцюжків постачання біомаси у ЄС, Західних Балканах, Молдові, Туреччині та Україні <https://s2biom.wenr.wur.nl/home>:

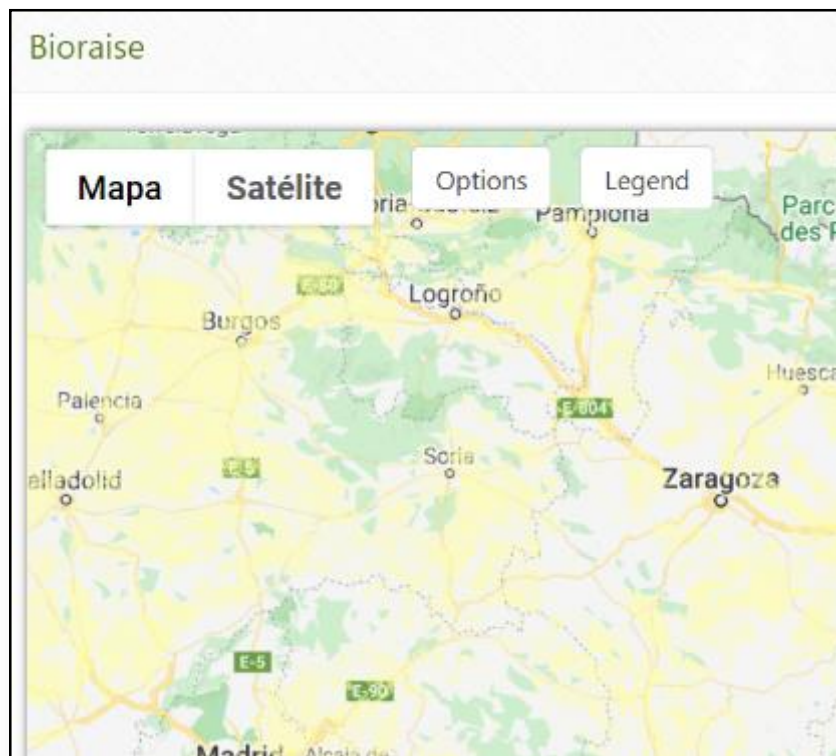
- **Bio2Match** – співставлення наявних ресурсів біомаси і відповідних технологій конверсії. Інструмент доопрацьовано в проєкті MAGIC <https://magic-h2020.eu/>
- **BeWhere** – визначення оптимального розташування біоенергетичних установок в залежності від виду біомаси, технології конверсії, потужності установки. Ґрунтується на мінімізації витрат на загальний ланцюжок постачання і мінімізації емісії парникових газів.
- **LocaGISTics** – визначення оптимальної логістики постачання біомаси на місцевому рівні.



Онлайн інструменти локалізації біомаси: проєкт BIOMASUD PLUS Програми ЄС Горизонт 2020 (2016-2018)

http://biomasudplus.eu/en_GB/

BioRaise – інструмент, який надає інформацію про **сільськогосподарські** та **лісові** ресурси біомаси з потенціалом енергетичного використання в Хорватії, Словенії, Іспанії, Франції, Греції, Італії, Португалії та Туреччині, а також дані про виробників агропромислових побічних продуктів, агро-компанії, підприємства, що займаються лісозаготівлею і деревообробкою. Платформа дозволяє **розрахувати обсяги** зазначених ресурсів біомаси та **витрати** на їх заготівлю і транспортування.



Calculation results						
Forest Biomass	Potential resources (tDM/year)	Available resources (tDM/year)	Average cost of collection (€/tDM)	Number of potential resources (ha)	Number of available resources (ha)	Average transport cost (€/tDM)
Conifers	39,435.51	13,330.76	57.28	71,846.47	66,557.17	14.4
Broadleaved species	47,367.88	15,914.92	48.66	38,769.06	34,518.74	15.26
Mixed	16,952.18	6,062.64	51.89	25,783.82	25,193.79	15.02
Shrub	133,166.84	31,342.93	41.27	286,164.22	165,047.75	14.51

A Transportation fuel cost €/liter

Energy content

Agricultural Biomass	Available resources (tDM/year)	Moisture content (% w.b.)	Available resources (tWM/year)	Ash value mean reference (% d.b.)	Energetic content (GJ/year)	Average cost of collection (€/GJ)	Average transport cost (€/GJ)
Rainfed crops	448,987.13	<input type="text" value="35"/>	690,749.43	6.1	7,077,625.91	2.58	0.82

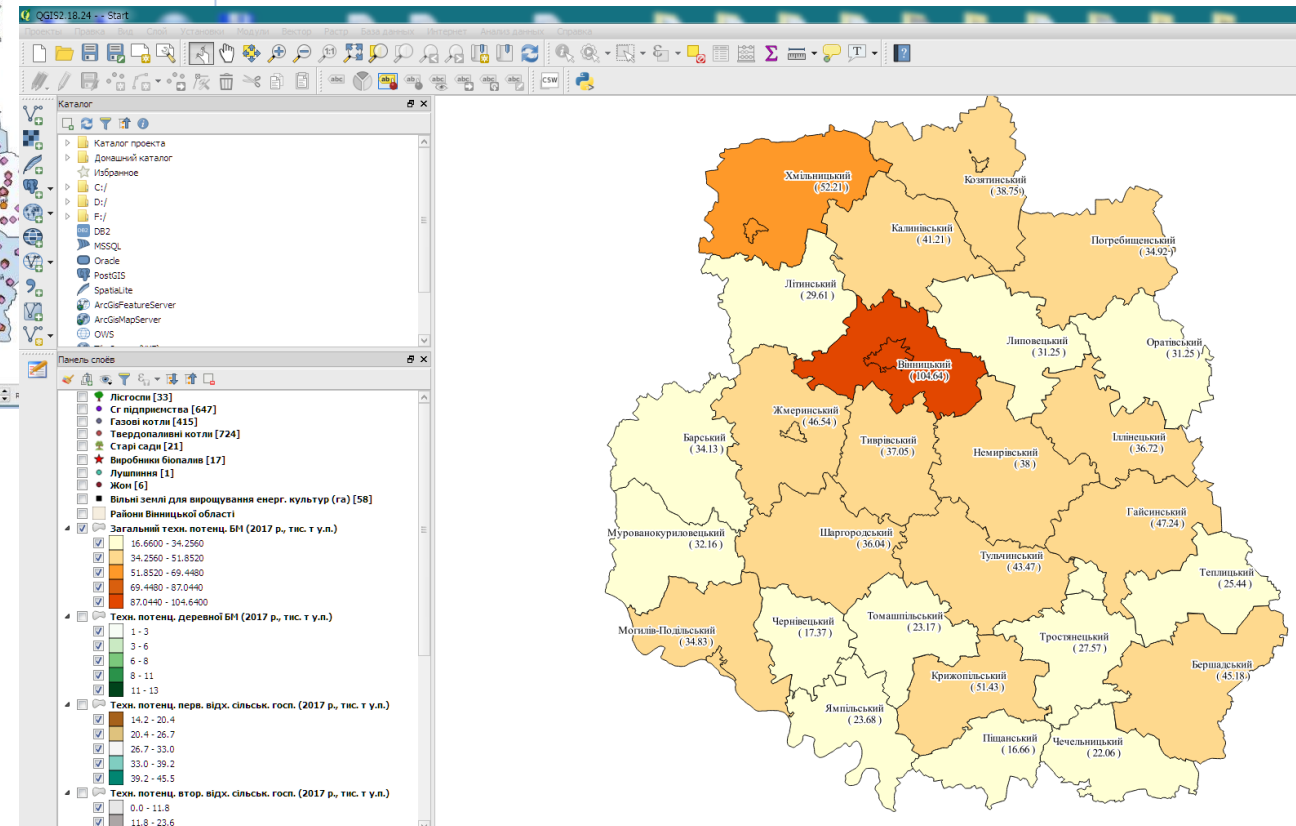
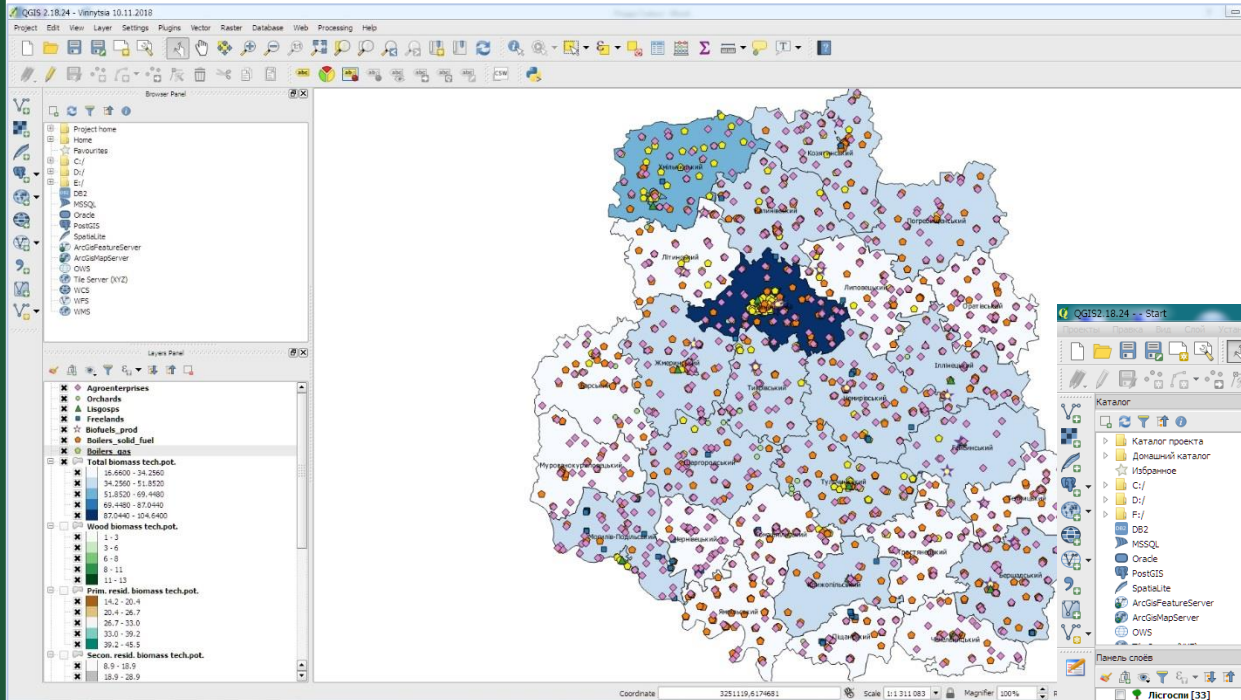
<http://bioraise.ciemat.es/Bioraise/home/main>

Онлайн карта енергетичного потенціалу біомаси у Вінницькій області

Інтерактивний ГІС-інструмент розроблено на замовлення Вінницької ОДА (2018 р.)

Шари онлайн карти

- 1) Потенціал біомаси у розрізі районів Вінницької області: зведений, деревної біомаси, первинних та вторинних с/г відходів, енергетичних рослин.
- 2) Сільськогосподарські підприємств області (647).
- 3) Старі сади, які підлягають розкорчуванню (21).
- 4) Лісгоспи Вінницької області (11).



- 5) Ділянки вільних землі області, де можливе вирощування енергетичних рослин (58).
- 6) Котельні на твердих видах палива (708).
- 7) Котельні на природному газі (435).

<https://www.vin.gov.ua/images/doc/vin/dep-jkg/novyny/21.12.2018/21.12.2018.pdf>

<https://www.vin.gov.ua/images/doc/vin/dep-jkg/novyny/21.12.2018/Zvit.pdf>

ВИСНОВКИ

- ❖ Продумана і ефективна логістика постачання біопалива – важлива передумова успішного функціонування біоенергетичного об'єкту.
- ❖ Необхідно враховувати особливості логістики різних видів біомаси/біопалива.
- ❖ Рекомендується застосування кращих європейських прикладів для впровадження в Україні із використанням напрацювань Біоенергетичної асоціації України.
- ❖ Участь в європейських та інших проєктах для виконання досліджень і накопичення практичних напрацювань по оптимізації логістики постачання біомаси/біопалив.



VYTAUTAS MAGNUS
UNIVERSITY
MCMXXII

Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякую!

Тетяна Желєзна



Експерт UABIO, к.т.н.



+380 67 588 5585



zhelyezna@uabio.org



<https://uabio.org>

