



Saiknes veidošana starp pētniecību un izglītību aprites bioekonomikā

Mācību materiāli aprites bioekonomikas ieviešanai
klasēs Baltijas jūras reģionā un ārpus tā



Šajā brošūrā mēs izpētīsim bioekonomikas koncepciju un dažādas tehnoloģijas, kas tiek izmantotas atkritumu vai blakusproduktu pārstrādei, galvenokārt no lauksaimniecības, bet arī no akvakultūras un mežsaimniecības. Tiek aplūkoti arī izaicinājumi zaļā sektora inovācijās, politikas un klimata ieguvumi, ko sniedz šīs tehnoloģijas. Brošūra ir izstrādāta ar mērķi sniegt skolotājiem resursu izmantošanai klasēs un mācībās, palīdzot izglītēt jaunus darbiniekus zaļajā sektorā un paātrinot pāreju uz oglekļa neitrālām sabiedrībām.

Pētniecības komanda un skolotāju atsauču grupa

Araldsen, Tords (Norvēģija), Brønnick, Birgitte (Norvēģija), Edström, Mats (Zviedrija), Fischer, Erik (Zviedrija/Vācija), Fostad, Karen-Marie (Norvēģija), Foth, Sebastian (Vācija), Ghalibaf, Maryam (Somija), Gunnarsson, Carina (Zviedrija), Honkanen, Anne (Somija), Laaksonen, Ilmari (Somija), Laurell, Carina (Zviedrija), Levins, Indulis (Latvija), Lundervold, Amalie (Norvēģija), Sollihagen, Selma (Norvēģija), Stuparu, Adelina (Zviedrija), Vircava, Ilze (Latvija)

Saturu

Fons	5
Mācību mērķi	6
1. daļa: Bioekonomikas pamati	7
Terminoloģija	7
Bioekonomika	8
Lineārā pret aprites ekonomiku.....	9
Lineārā ekonomika.....	9
Aprites ekonomika	9
Atšķirība starp lineāro un aprites ekonomiku.....	9
Lineārā bioekonomika.....	9
Aprites bioekonomika	10
Kaskādes efekti	11
Bioekonomikas vērtību piramīda	11
2. daļa: Tehnoloģijas un izaicinājumi	12
Aprites lauksaimniecība – solis augstāk.....	12
Cirkulārā mežsaimniecība	14
Biorafinēšana	15
Tehnoloģijas, kas tiek izmantotas, lai sasniegtu aprites bioekonomiku	16
Kūtsmēslu atūdeņošana.....	16
Priekšapstrāde celulozi saturošam materiālam	18
Biogāzes ražošana – Anaerobā gremošana.....	20
Organiskā mēslojuma uzlabošana.....	25
Pirrolīze.....	28
Gāzēšana	31
Proteīnu ekstrakcija	33
Fosfora atgūšana.....	35
Slāpekļa atgūšana.....	37
3. daļa: Ieviešana un risinājumi	39
Galvenie izaicinājumi inovācijām un radīšanai	39
Tehnoloģiju attīstība	39
Tirgus un finansiālā nenoteiktība.....	39
Ilgtspējība un ietekme uz vidi	39
Politiskie un regulējošie ietvari	40

Globālā un Eiropas politika	40
Bioekonomikas ietekme uz sabiedrību un vidi	41
Klimata ieguvumi no biogāzes un bio-mēsļu izmantošanas	42
Pozitīvā ietekme, palielinot ražošanu:	43
Turpmākās iespējas bioekonomikā	44
Atsauces saraksts	46
Paldies	47

Fons

Projekts BREC savieno lauksaimniecības skolas, iestādes un pētniekus, lai izplatītu aprites lauksaimniecības prakses starp praktiķiem un veicinātu tehnoloģijas, kas virza aprites bioekonomiku.

Interreg projekts "Pāreja no pētniecības uz izglītību aprites bioekonomikā" (BREC) bija veltīts tam, lai risinātu dažus no izaicinājumiem, kas saistīti ar pāreju no lineārās uz aprites ekonomiku. Lauksaimniecības sektorā ir notikusi plaša tehnoloģiskā attīstība, kas radījusi "analīzes paralīzes" problēmu. Šī parādība rodas, kad vienlaikus tiek ieviestas daudzas jaunas tehnoloģijas, radot dilemmu efektīvā lēmumu pieņemšanā. BREC identificēja vairākas galvenās tehnoloģijas – piemēram, biogāzes ražošanu, proteīnu ieguvu, fosfora ieguvu, slāpekļa bagātināšanu, bioogles ražošanu un to saistītās pirms un pēc apstrādes tehnoloģijas –, kas ir būtiskas pārejai uz aprites ekonomiku.

Darba mērķis bija izveidot zināšanu banku ar labiem piemēriem/prakses piemēriem, kā dažādas tehnoloģijas var efektīvi risināt specifiskus lauksaimniecības izaicinājumus. Šī banka var kalpot kā visaptverošs rīkkopa, kas sniedz labumu lauksaimniecības skolām, izglītojot nākamo zemnieku paaudzi, kā arī palīdz pieredzējušiem praktiķiem, padomdevējiem un lauksaimnieku apvienībām.

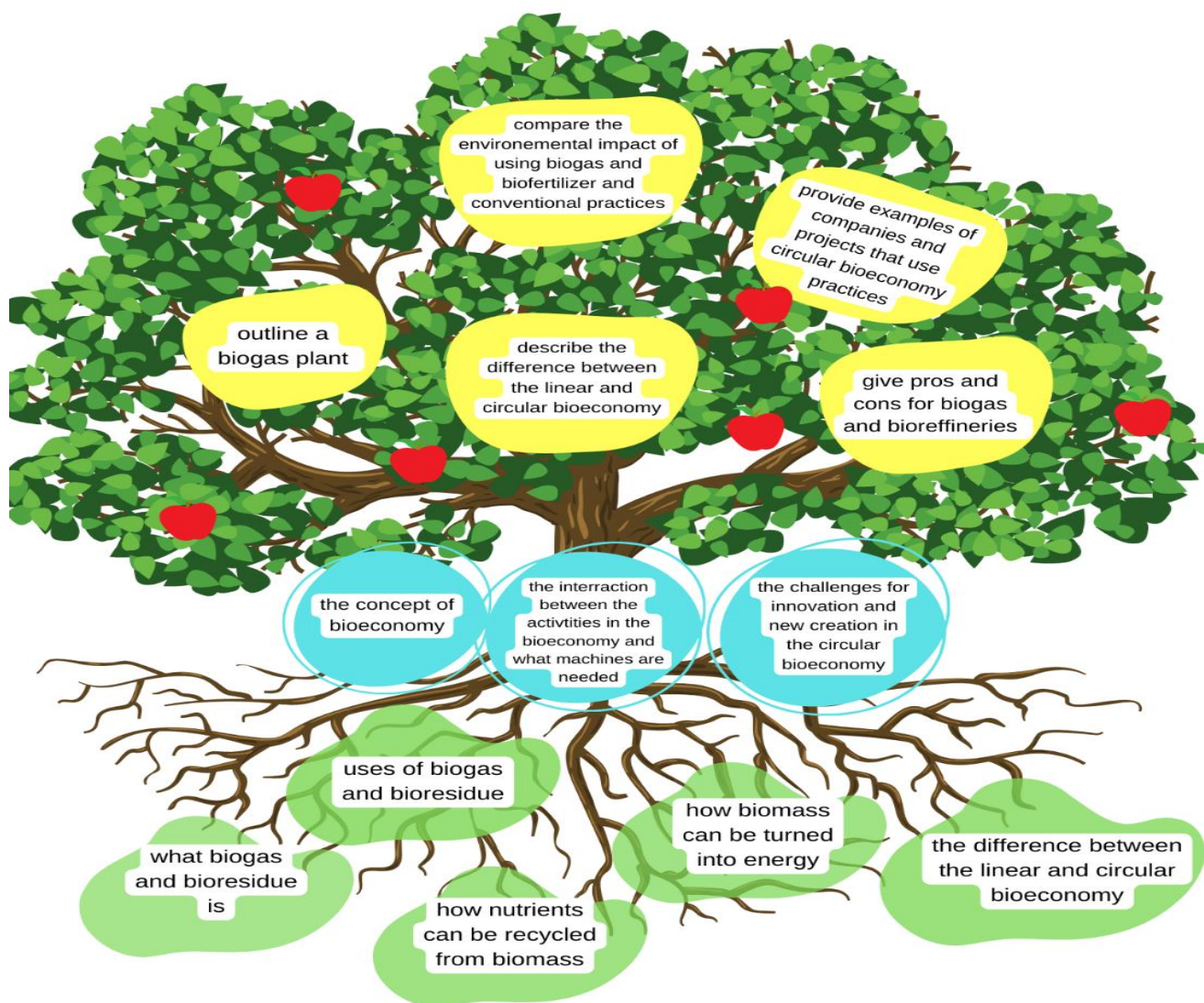
Mēs ticam, ka, izplatot zināšanas un daloties ar pieredzi par jaunajām tehnoloģijām, sabiedrības var mazināt "analīzes paralīzes" izaicinājumus. Viens no šīs iniciatīvas centrālajiem mērķiem ir dot iespēju jaunajai zemnieku paaudzei iepazīties ar šīm tehnoloģijām. Mūsu vēlme ir, lai lauksaimniecības skolas visā Eiropā demonstrētu, ko aprites bioekonomika nozīmē praksē.

Mācību mērķi

BREC mācību mērķi tika izstrādāti skolotāju atsauču grupas ietvaros 2023. gada pavasarī, lai definētu, ko skolēniem vajadzētu sasniegt, piedaloties programmā. Mācību ietvars ir simboliski attēlots kā koks, kas pārstāv zināšanu izaugsmi, ko skolēni iegūs.

- Koka saknes simbolizē pamatzināšanas, kuras skolēniem vajadzētu apgūt.
- Koka stumbrs pārstāv galvenos jēdzienus, kurus skolēniem ir jāsaprot pilnībā.
- Koka vainags ilustrē prasmes un spējas, kuras skolēniem vajadzētu attīstīt, parādot, ko viņi spēs izdarīt pēc bioekonomikas stundas pabeigšanas.

Mācību mērķi un nodarbību plāni ir elastīgi un pielāgojami, lai atbilstu individuālajām vajadzībām. Visaptverošs mācību plānu komplekts var tikt ieviests kā vienots kopums vai arī pielāgots, lai iekļautos dažādosursos un mācību programmās.



1. daļa: Bioekonomikas pamati

Terminoloģija



Bio-based

BASED ON BIOLOGICAL MATERIALS, ESPECIALLY AGRICULTURE OR FOREST RESOURCES.



Circular bioeconomy

CLOSING THE RESOURCE LOOP AND RECYCLING, REPURPOSING BIOLOGICAL RESOURCES.



Organic fertilizer

OF ORGANIC ORIGIN, CONTAINING PLANT NUTRIENT, CARBON AND SOMETIMES LIVE MICROORGANISMS



Biomass

MATERIAL THAT COMES FROM LIVING OR RECENTLY LIVING ORGANISMS, WHICH CAN BE USED AS A RENEWABLE SOURCE OF ENERGY. BIOMASS CAN BE CONVERTED INTO VARIOUS FORMS OF ENERGY, SUCH AS HEAT, ELECTRICITY OR BIOFUELS. AS AN ENERGY SOURCE, BIOMASS IS RENEWABLE AS IT CAN BE REPLENISHED NATURALLY OVER TIME.



Biochar

A TYPE OF BIOMASS THAT IS USED TO IMPROVE SOIL PROPERTIES, RESEMBLING CHARCOAL.



Biodiesel

A RENEWABLE TYPE OF FUEL DERIVED FROM PLANTS AND ANIMALS SUCH AS VEGETABLE FATS OR GREASE TO BE USED IN DIESEL ENGINES.



Blue bioeconomy

AN ECONOMIC TERM RELATED TO THE EXPLOITATION, PRESERVATION, AND REGENERATION OF THE MARINE ENVIRONMENT.



Carbon footprint

THE AMOUNT OF GREENHOUSE GASES RELEASED INTO THE ENVIRONMENT BY AN ACTIVITY, GROUP, PROCESS, OR INDIVIDUAL, USUALLY MEASURED IN KILOGRAMS OF CARBON DIOXIDE.



Bioplastics

A BIOBASED AND/OR BIODEGRADABLE PRODUCT MADE FROM RENEWABLE PLANT SOURCES, AS OPPOSED TO PETROLEUM.



Biogas

A MIXTURE OF METHANE AND CARBON DIOXIDE, PRODUCED BY BACTERIAL DEGRADATION OF ORGANIC MATTER, OFTEN USED AS FUEL, HEAT OR FOR ENERGY PURPOSES OTHERWISE.



Emissions

A SUBSTANCE DISCHARGED INTO THE AIR, USUALLY BY AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE.



Bio-methane (RNG)

ALSO KNOWN AS RENEWABLE NATURAL GAS IS A BIOGAS THAT HAS BEEN UPGRADED TO A QUALITY SIMILAR TO FOSSIL NATURAL GAS AND HAS A METHANE CONCENTRATION OF 90% OR HIGHER. IT IS OBTAINED BY REMOVING CO₂ AND OTHER IMPURITIES FROM BIOGAS.



Biorefinery

A REFINERY THAT CONVERTS BIOMASS TO ENERGY AND OTHER BENEFICIAL BY-PRODUCTS (SUCH AS CHEMICALS).

Bioekonomika

[Bioekonomika](#) ir ekonomika, kurā materiāli, ķīmikālijas un enerģija tiek iegūti no atjaunojamiem bioresursiem.

Lai iesaistītu skolēnus bioekonomikas definīcijas padziļinātā izpētē, var izmantot interaktīvu vingrinājumu. Uz tāfeles vidū uzrakstiet terminu "bioekonomika". Aiciniet skolēnus padomāt par dažādiem jēdzieniem, procesiem un aktivitātēm, kas varētu būt saistīti ar šo terminu. Pierakstiet atbildes apkārt terminam, izveidojot "vārdu mākonī". Lai vingrinājumu padarītu vēl interesantāku, vārdu mākonī var izmantot bingo spēlei.

Saite piedāvā video skaidrojumu skolēniem, un to var izmantot kā ievadu tēmai klasē. Kamēr tiek atskaņots video, jūs varat svītrot vārdus, kurus skolēni minēja vārdu mākonī. Vai izdevās nosvītrot vismaz sešus vārdus?

Vēl viens vingrinājums var būt refleksija. Vai bioekonomika ir tāda, kādu es to biju iedomājies? Vai bija kaut kas pārsteidzošs tajā, ko mēs līdz šim esam atklājuši? Ja jā, kas tieši? Ja nē, tad acīmredzot klasei ir jāiedziļinās vairāk un jāizpēta plašākas zināšanas, kas saistītas ar bioekonomiku.

Lineāra bioekonomika attiecas uz organisko materiālu, piemēram, augu vai dzīvnieku, ražošanu pārtikai, barībai vai citiem produktiem, neņemot vērā šo materiālu dabisko spēju atjaunoties. Turklāt, ražošanas procesā radušies blakusprodukti, kā arī citi organiskie resursi, piemēram, dzīvnieku mēsli, bieži netiek efektīvi atkārtoti izmantoti. Šāda neefektivitāte var izraisīt vērtīgu barības vielu un organisko materiālu zudumu, kas savukārt var novest pie vides problēmām, piemēram, piesārņojuma un eitrofikācijas.



Lineārā pret aprites ekonomiku

Lineārā ekonomika

Lineārā ekonomikā ražošana un patēriņš notiek pēc vienkārša modeļa, kur preces tiek ražotas, izmantotas un pēc tam izmestas kā atkritumi (Miljūdirektoratet, 2022). Šajā modelī tiek veikti minimāli centieni atkritumus atkārtoti izmantot, pārstrādāt vai pārveidot. Resursi tiek iegūti, patērēti un beigu beigās nonāk izgāztuvēs vai tiek sadedzināti. Lineārā ekonomika galvenokārt koncentrējas uz ekonomisko izaugsmi un ražošanu, nepietiekami ņemot vērā vides un sociālās sekas.

Aprites ekonomika

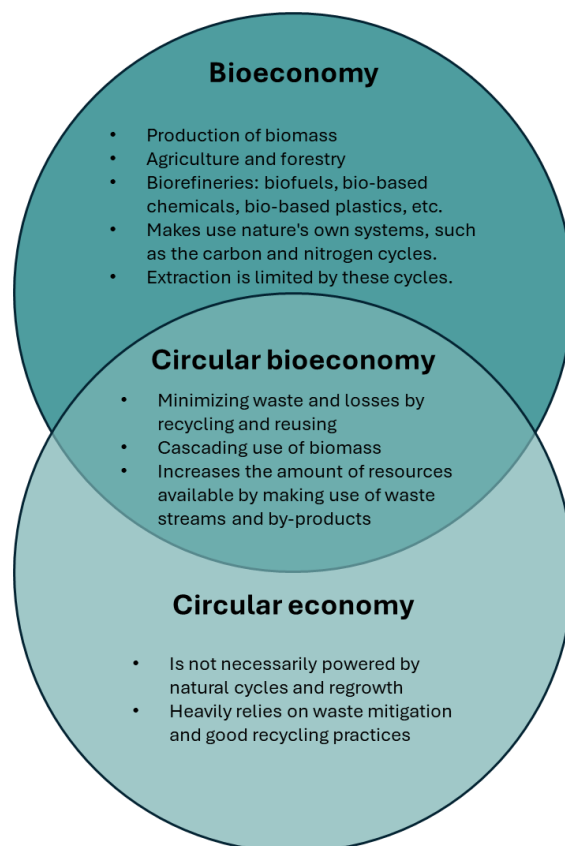
Aprites ekonomikā resursi tiek skatīti kā daļa no nepārtrauktas plūsmas, kurā materiāli un produkti tiek izmantoti, atgūti un pārstrādāti, lai izveidotu noslēgtu ciklu (Miljūdirektoratet, 2022). Mērķis ir minimizēt atkritumus un resursu zudumus, izmantojot tādas prakses kā atkārtota izmantošana, remonts un pārstrāde. Šis modelis uzsver produktu un materiālu vērtības saglabāšanu pēc iespējas ilgāk, projektējot tos ar izturību, labojamību un pārstrādājamību. Tas arī veicina dalīšanos un pakalpojumu izmantošanu, nevis produktu individuālu īpašumtiesību veidošanu, tādējādi samazinot nepieciešamo preču apjomu. Aprites ekonomika veicina ilgtspējīgu un resursu efektīvu sistēmu, ņemot vērā gan vides, gan sociālos aspektus.

Atšķirība starp lineāro un aprites ekonomiku

Galvenā atšķirība starp lineāro un aprites ekonomiku ir pieejās resursu izmantošanai un atkritumu apsaimniekošanai. Lineārajā ekonomikā resursi virzās taisnā līnijā no ražošanas līdz izmešanai, kas bieži rada atkritumus. Savukārt aprites ekonomika cenšas izveidot slēgtu ciklu, kurā materiāli un produkti tiek nepārtraukti atgūti, atkārtoti izmantoti un pārstrādāti, tādējādi minimizējot atkritumus un maksimāli palielinot resursu efektivitāti (Miljūdirektoratet, 2022).

Lineārā bioekonomika

Lineārajā bioekonomikā ražošana un patēriņš seko lineāram modelim, kur organiskās vielas tiek izmantotas kā izejmateriāls preču, enerģijas vai ķīmikāliju ražošanai. Pēc izmantošanas organiskās vielas tiek izmestas kā atkritumi, netiek pārstrādātas vai atkārtoti izmantotas. Jaunu organisko materiālu nepārtraukti iegūst, bieži neņemot vērā dabisko atjaunošanos. Lineārā bioekonomika galvenokārt koncentrējas uz ekonomisko izaugsmi un organisko materiālu izmantošanas priekšrocībām,



nepievēršot pietiekamu uzmanību vides un sociālajām sekām.

Viens no lineārās bioekonomikas piemēriem ir liellopu gaļas ražošana Brazīlijā, kur lopkopība veicina mežu izciršanu, lai meklētu jaunas ganības (Reis, T., Zu Ermgassen, E., & Pereira, O., 2023). Vēl viens piemērs ir pārzveja, kur tiek lēsts, ka aptuveni 34% zivju krājumu tiek pārzvejoti, izraisot zivju krājumu samazināšanos (Ritchie and Roser, 2021). Trešais piemērs ir jūras bāzes zivju audzēšana, kur gandrīz visi zivju ekskrementi un atlikusī barība tiek izvadīti tieši apkārtējos ūdeņos un ekosistēmā (Spilling, 2016).

Aprites bioekonomika

Atšķirībā no lineārās bioekonomikas, aprites bioekonomika uztver bioloģiskos resursus kā nepārtrauktu plūsmu. Organiskās vielas, blakusprodukti un barības vielas tiek savāktas, izmantotas, atgūtas un pārstrādātas, lai izveidotu bezgalīgu ciklu. Mērķis ir apmierināt sabiedrības vajadzības pēc materiāliem un enerģijas, nepārmērīgi izmantojot mūsu planētas resursus. Fotosintēze spēlē nozīmīgu lomu aprites bioekonomikā, jo tā nodrošina oglekļa aprites nepārtrauktību.

Resursu pārvaldības optimizēšana saskaņā ar aprites bioekonomikas principiem ir izaicinājums, jo nepieciešamas padziļinātas zināšanas par dabas robežām, un esošās zināšanas bieži vien balstās uz lineārās ekonomikas pieredzi. Aprites bioekonomikas ietvaros bioloģiskie atkritumi, piemēram, notekūdeņi, pārtikas atkritumi un koksne, var tikt pārstrādāti. Risinājumi ietver, piemēram, barības vielu atjaunošanu ar kompostēšanas palīdzību vai barības vielu un enerģijas ieguvu biogāzes rūpnīcās.

Aprites bioekonomikas prakses, piemēram, atkritumu bāzes organisko mēslojumu un augsnes uzlabotāju izmantošana, sniedz gan iespējas, gan izaicinājumus. Lai gan šīs prakses tiecas noslēgt resursu ciklus un samazināt atkritumus, tās ietver arī dažādus riskus, kas ir rūpīgi jāapsaimnieko. Viens no galvenajiem riskiem ir piesārņotāju izplatība.

Lespējamie piesārņotāji ietver:

- **Mikroplastmasu:** Atkritumu plūsmas bieži satur plastmasas daļiņas, kas var saglabāties vidē.
- **Ķīmiskos piesārņotājus:** Rūpnieciskie un sadzīves atkritumi var ievadīt kaitīgas ķīmiskas vielas mēslojumā.
- **Patogēnus:** Organiskajos atkritumos var būt slimību izraisoši organismi, kas rada riskus cilvēku un augu veselībai.
- **Smagos metālus:** Daži atkritumu avoti var saturēt paaugstinātus metālu līmeņus, kas laika gaitā var uzkrāties augsnē.

Riski tiek mazināti ar šādiem regulatīviem pasākumiem:

- Stingras piesārņotāju limitvērtības
- Obligātie apstrādes procesi, lai samazinātu patogēnu daudzumu
- Lietošanas ierobežojumi, pamatojoties uz kultūraugu tipu un zemes izmantošanu
- Regulāras pārbaudes un kvalitātes nodrošināšanas protokoli

Lai gan šie pasākumi ir paredzēti, lai nodrošinātu drošu atkritumu atvasināto produktu izmantošanu, dažos apriņķos joprojām pastāv skepse. Kritiķi apgalvo, ka:

- Ilgtermiņa ietekme no atkārtotas pielietošanas nav pilnībā izpētīta

- Daži piesārņotāji, piemēram, jaunie piesārņotāji vai nanomateriāli, var nebūt pietiekami iekļauti esošajos regulējumos
- Uzraudzība un kontrole var būt sarežģīta, īpaši reģionos ar ierobežotiem resursiem

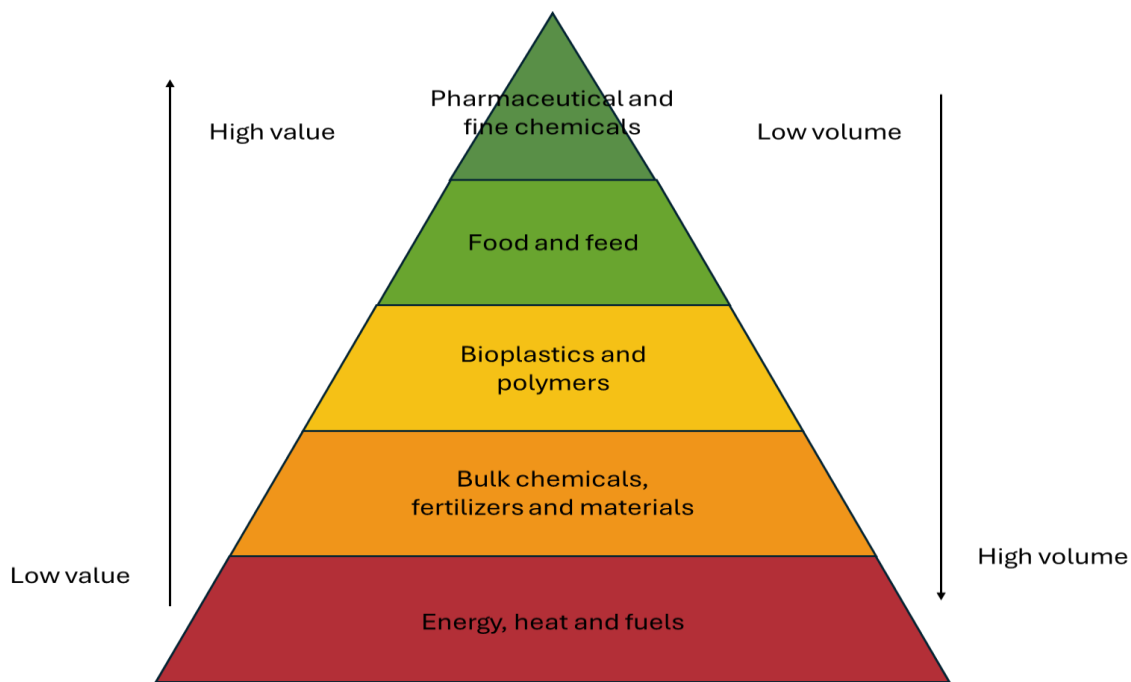
Neskatoties uz šiem izaicinājumiem, aprites bioekonomikas piekritēji apgalvo, ka ieguvumi bieži atsver riskus, ja tiek veikti pienācīgi piesardzības pasākumi. Viņi norāda uz veiksmīgu ieviešanu dažādās valstīs un šo prakšu potenciālu samazināt atkarību no sintētiskajiem mēslojumiem, samazināt atkritumu apjomu un uzlabot augsnes veselību. Pašreizējie pētījumi un tehnoloģiskie sasniegumi ir vērsti uz detektēšanas metožu uzlabošanu, efektīvāku apstrādes procesu izstrādi un mūsu izpratnes padziļināšanu par šo prakšu ilgtermiņa ietekmi uz augsnes ekosistēmām un pārtikas drošību. Galu galā, veiksmīgai un drošai atkritumu atvasināto biofertilizatoru un augsnes uzlabotāju ieviešanai nepieciešama līdzsvarota pieeja, kas apvieno stingru zinātnisko novērtējumu, pielāgojamus regulējumus un nepārtrauktu ieinteresēto pušu iesaisti, lai risinātu bažas un optimizētu ieguvumus.

Kaskādes efekti

Kaskādes efekti spēlē nozīmīgu lomu bioekonomikā un ir galvenais princips, lai panāktu ilgtspējīgu bioloģisko resursu izmantošanu. Šis princips attiecas uz organisko materiālu atliekvielu un atkritumu frakciju izmantošanu hierarhiskā veidā, kur visvērtīgākās sastāvdaļas tiek izmantotas vispirms, bet atlikumi tiek izmantoti citiem, mazāk vērtīgiem mērķiem. Piemēram, var aplūkot atkritumu piramīdas modeli bioekonomikā.

Bioekonomikas vērtību piramīda

"Bioekonomikas vērtību piramīda" pārstāv hierarhisku struktūru resursu izmantošanai bioekonomikā (Stegmann, Londo, & Junginger, 2020). Šis modelis parāda, kā biomateriāls iziet vairākus izmantošanas posmus, lai iegūtu augsta vērtības produktus, pirms tas tiek novirzīts uz zemākas vērtības pielietojumiem. Piramīdas augšgalā ir bioloģisko ķīmikāliju un medikamentu ražošana, kam ir zems apjoms, bet augsta ekonomiskā vērtība. Šie vērtīgie produkti ir ļoti nozīmīgi gan veselības nozarē, gan citās augsto tehnoloģiju jomās. Atlikumi no šī procesa tālāk var tikt izmantoti pārtikas un barības ražošanā. Visbeidzot, kad resursus vairs nevar iegūt, tie var tikt izmantoti enerģijas ražošanai, kur nepieciešams liels biomasas apjoms. Atkritumu piramīda nodrošina, ka organiskie materiāli tiek optimāli izmantoti, un vērtīgie resursi tiek izdalīti, pirms tie tiek izmantoti mazāk vērtīgos mērķos, kas var veicināt efektīvāku un apritīgu bioekonomiku.



Bioekonomikas vērtību piramīda, dažādie produktu veidi no bioloģiskajiem resursiem un to vērtības un apjoma iedalījums.

2. daļa: Tehnoloģijas un izaicinājumi

Aprites lauksaimniecība – solis augstāk

Aprites lauksaimniecība ietver resursu atkārtotu izmantošanu un optimizāciju, lai minimizētu atkritumus. Tā vietā, lai izmantotu lineāro “ņem-ražo-izmet” modeli, aprites lauksaimniecība veicina resursu efektivitāti, izturību un ilgtspējību.

Galvenie principi:

- **Ilgtspēja:** Ilgtspēja ir līdzsvars starp vidi, sociālo taisnīgumu un ekonomiku. Ilgtspējīga attīstība ir attīstība, kas apmierina pašreizējās vajadzības, neapdraudot nākamo paaudžu spēju apmierināt savas vajadzības.
- **Resursu efektivitāte:** Mērķis ir izmantot visu iespējami efektīvi, ideālā gadījumā, cik augstu vien iespējams bioekonomikas vērtību piramīdā.
- **Bioloģiskā daudzveidība:** Daudzveidīgas kultūrsistēmas uzlabo izturību un atbalsta ekosistēmas.

Piemēri jauniem lauksaimniecības kultūru un atkritumu izmantošanas veidiem:

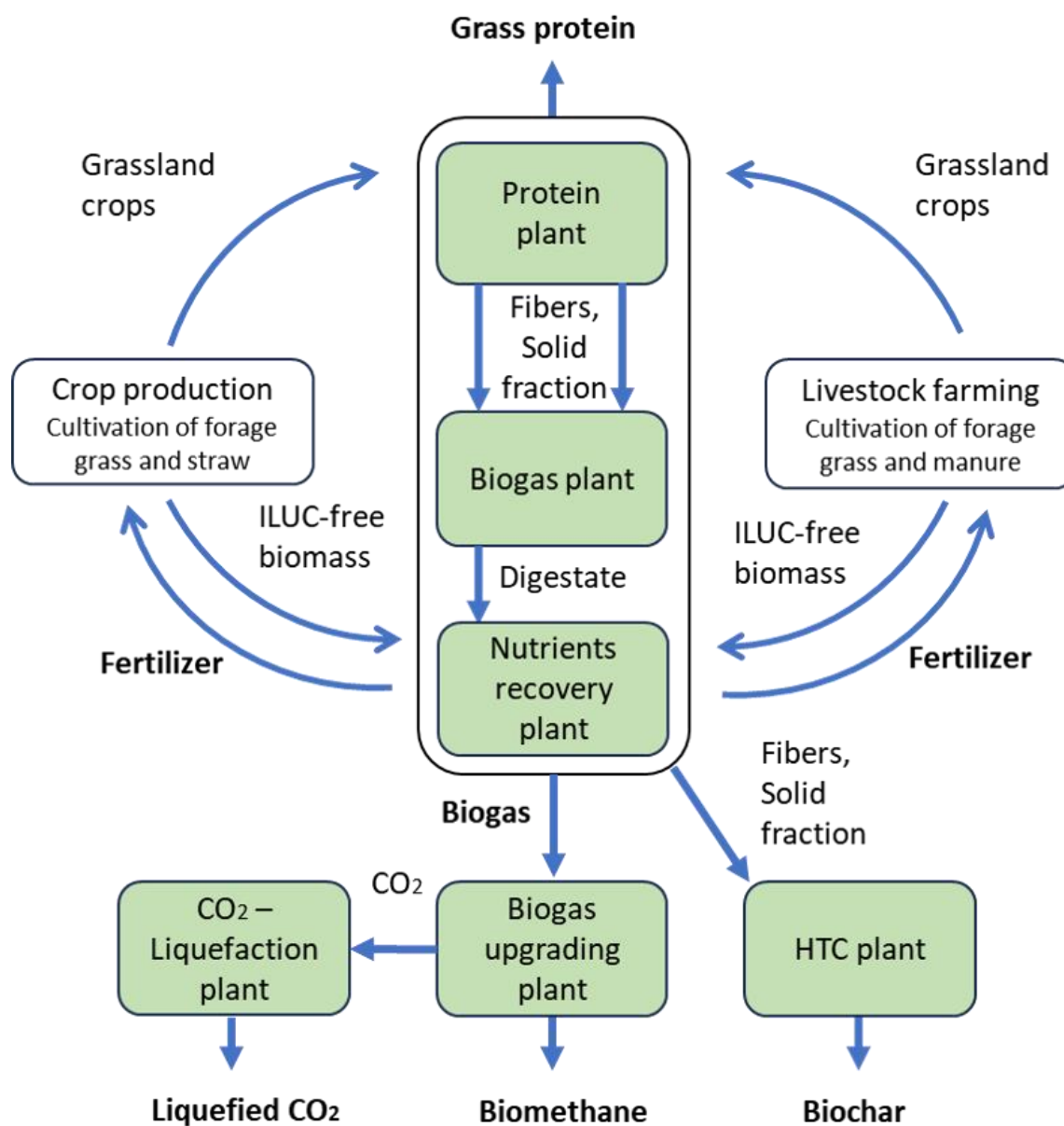
- **Biogāze:** Organiskā materiāla sadalīšana hermētiskā traukā dod augstas enerģijas gāzi, ko var izmantot siltumam, elektrībai vai degvielai.
- **Organiskais mēslojums:** Pēc anaerobās gremošanas biogāzes ražošanas procesā atlikušie organiskie atlikumi (digestāts) ir ar barības vielām bagāts materiāls, kas uzlabo augsnes

auglību un veicina augu augšanu. Tas satur vērtīgas barības vielas, piemēram, slāpekli, fosforu un kāliju.

- **Bioogles:** Ražotas no organiskā materiāla, izmantojot pirolīzi (sadalīšanās augstā temperatūrā bez skābekļa), bioogles uzlabo augsnes īpašības un uzglabā oglekli.
- **Augu proteīni:** Proteīnu ieguve no augiem, piemēram, zāles vai skābbarības, piedāvā alternatīvas importētajiem dzīvnieku barības proteīniem, piemēram, sojai.
- **Pārstrādātas barības vielas:** Fosfora atkārtota izmantošana, kas ir ierobežots resurss, ir būtiska pārtikas ražošanai.
- **Barības vielas:** Kukaiņi, piemēram, melnās karavīru mušas kāpuri vai miltu tārpi, audzēti uz lauksaimniecības blakusproduktiem (piemēram, augļu, dārzeņu un graudu atkritumiem), tiek pārstrādāti kukaiņu miltos. Šī olbaltumvielām bagātā dzīvnieku barība ir piemērota mājputniem, cūkām un zivīm akvakultūrā.

Netiešā zemes izmantošanas maiņa (ILUC): ILUC attiecas uz neparedzētām vides sekām, kas rodas, pārvēršot zemi lauksaimniecības izmantošanai, jo mainās zemes izmantošana citur. Piemēram, ja esošās lauksaimniecības platības tiek novirzītas biodegvielas vai cita veida ražošanai, var tikt attīrītas papildu platības (piemēram, meži vai pļavas), lai kompensētu pārtikas vai barības ražošanas samazinājumu. Tas var novest pie mežu izciršanas, bioloģiskās daudzveidības zuduma un palielinātas oglekļa emisijas, kas var vājināt biodegvielu vai bioenerģijas sniegtos vides ieguvumus.

Pretēji tam, ILUC brīvu organisko materiālu, piemēram, kultūraugu atlieku, kūtsmēslu un organisko atkritumu izmantošana sniedz ievērojamas vides priekšrocības. Iegūts no esošām lauksaimniecības darbībām, neprasot papildu zemi vai mežu izciršanu, ILUC brīvs organisko materiālu izmantošanas veids ir ilgtspējīgāks. Šī pieeja ļauj lauksaimniekiem ražot atjaunojamu enerģiju (biogāzi) un bio-mēslojumus, vienlaikus samazinot siltumnīcefekta gāzu emisijas, samazinot atkarību no sintētiskajiem mēslojumiem un izvairoties no negatīvas ietekmes uz pārtikas ražošanu un ekosistēmām.



Lauksaimniecības cirkulārās bioekonomikas sistēmas ilustrācija

Cirkulārā mežsaimniecība

Meži ir sarežģītas, dzīvas ekosistēmas, kas kalpo arī kā nozīmīgi organiskā materiāla krājumi—organiskās vielas, kas veido kokus, augus un citus meža elementus. Šīs ekosistēmas nav statiskas; tās nepārtraukti mainās cilvēka saimnieciskās darbības un vides apstākļu ietekmē.

Vēsturiskā uzmanība: Cirkulārā apsaimniekošana

- Tradicionāli mežsaimniecība ir balstījusies uz cirkulārajām praksēm—pēc ciršanas atjaunojot mežus, lai nodrošinātu ilgtspējīgu augšanas un atjaunošanās ciklu.
- Cirkulārā apsaimniekošana cenšas uzturēt meža veselību, bioloģisko daudzveidību un ekosistēmu pakalpojumus.
- Jaunais etaps: Šis jēdziens norāda, ka mežsaimniecība ienāk jaunā fāzē, ko raksturo progresīvu tehnoloģiju, datu virzītu pieeju un uzlabotu apsaimniekošanas metožu

pielietošana. Šīs inovācijas mērķis ir optimizēt dažādus mežsaimniecības aspektus, tostarp: o Maksimizēt koksnes ieguvu, vienlaikus saglabājot ekosistēmu veselību.

- o Sabalansēt ekonomiskos, vides un sociālos mērķus.
- o Minimāli izmantot atkritumus, veicinot biomasas izmantošanu enerģijas un citu produktu ražošanai.
- o Izmantot tehnoloģijas, piemēram, dronus, satelītu attēlus, mākslīgo intelektu un datu analītiku, lai uzlabotu meža uzraudzību, ciršanu un atjaunošanu.

Vairāk nekā tikai atjaunošana:

Optimizācija ir galvenais faktors. Tā ietver labāko lēmumu pieņemšanu, lai sasniegtu noteiktus mērķus, vienlaikus efektīvi izmantojot pieejamos resursus. Tāpat kā lauksaimniecība, arī mežsaimniecība kalpo dažādiem mērķiem:

- **Kokapstrādes nozare:** Šī nozare koncentrējas uz zāģmateriālu apstrādi, bioenerģijas ražošanu un koksnes izmantošanu celtniecībā.
- **Mēbeļu nozare:** Koksne tiek pārveidota skaistās un funkcionālās mēbelēs.
- **Papīra un celulozes rūpniecība:** Meži nodrošina izejvielas papīra un celulozes ražošanai.
- **Celulozes bāzes šķiedras un plastmasa:** No mežu resursiem rodas inovatīvi materiāli, piemēram, bioplastmasa un vaniļins.

Biorafinēšana

Biorafinērijas vispārējie principi

Lauksaimnieciskā vidē biorafinēšana ietver dažādu organiskā materiāla formu pārveidi par vērtīgiem produktiem, piemēram, biokurināmo, ķīmiskām vielām un materiāliem. Galvenie biorafinēšanas principi lauksaimniecības vidē ir:

- **Resursu efektivitāte:** Maksimizēt lauksaimniecības atlieku un blakusproduktu (piemēram, salmu, sēnālas) izmantošanu, lai samazinātu atkritumus un palielinātu vērtību tam, kas citādi tiek uzskatīts par atkritumiem.
- **Ilgspējīgas prakses:** Ieviest procesus, kas ir videi draudzīgi un atbalsta ilgtspējīgu lauksaimniecību, samazinot enerģijas patēriņu, emisijas un resursu patēriņu.
- **Vērtības pievienošana:** Pārveidot izejvielas organisko materiālu par augstākas vērtības produktiem, piemēram, biokurināmo, bioplastmasu un specializētām ķīmikālijām, kas var sniegt ekonomiskus ieguvumus un atbalstīt lauksaimniecības ekonomiku.
- **Integrēta apstrāde:** Izmantot integrētas sistēmas, lai apstrādātu dažādus organiskā materiāla veidus kopā, optimizējot kopējo efektivitāti un samazinot izmaksas. Tas var ietvert vairākus posmus, piemēram, iepriekšēju apstrādi, konversiju un rafinēšanu.
- **Aprites ekonomika:** Veicināt blakusproduktu un atkritumu atkārtotu izmantošanu ražošanas ciklā, nodrošinot efektīvu resursu izmantošanu un samazinot ekoloģisko nospiedumu.
- **Inovācija un tehnoloģija:** Izmantot progresīvas tehnoloģijas un procesus, piemēram, enzīmu hidrolīzi vai fermentāciju, lai uzlabotu organisko materiālu pārveides efektivitāti un efektivitāti.
- **Ekonomiskā dzīvotspēja:** Nodrošināt, ka biorafinēšanas procesi ir ekonomiski izdevīgi, sabalansējot tehnoloģiju, enerģijas un izejvielu izmaksas ar galaproduktu tirgus vērtību.
- **Lokālā integrācija:** Pielāgot biorafinēšanas sistēmas vietējām lauksaimniecības praksēm un pieejamajiem organiskā materiāla veidiem, lai uzlabotu biorafinēšanas nozīmīgumu un ietekmi konkrētās reģionos.

Šie principi vada biorafinēriju izstrādi un darbību lauksaimniecības vidē, mērķējot uz organisko materiālu izmantošanas optimizēšanu, vienlaikus atbalstot ilgtspējīgu un ekonomiski izdevīgu praksi.

Tehnoloģijas, kas tiek izmantotas, lai sasniegtu aprites bioekonomiku

Aprites ekonomikas īstenošana prasa inovatīvu procesu izstrādi, ko lielā mērā virza progresīvas tehnoloģijas. Šīm tehnoloģijām ir būtiska loma materiālu, piemēram, lauksaimniecības blakusproduktu un organisko atkritumu, pārveidē par vērtīgiem resursiem, mainot to īpašības un uzlabojot to potenciālu atkārtotai izmantošanai.

Kūtsmēslu atūdeņošana

Kūtsmēslu sadalīšana šķidrās un cietās frakcijās ir izplatīta prakse vairāku iemeslu dēļ. Šis process ir svarīgs kūtsmēslu apsaimniekošanas uzlabošanai un vides ilgtspējības veicināšanai, īpaši lielu lauksaimniecības uzņēmumu mērogā. Katra tehnoloģija piedāvā dažādas priekšrocības atkarībā no kūtsmēslu mitruma satura, saimniecības lieluma un sadalīto materiālu paredzētā lietojuma, piemēram, enerģijas ražošanai, mēslojuma vai vides apsaimniekošanai. Galvenie ieguvumi ietver:

- **Uzlabota barības vielu apsaimniekošana:** Šķidrā frakcija parasti satur lielāku slāpekļa koncentrāciju, kas ir vieglāk pieejams augiem. To var izmantot kā šķidro mēslojumu, lai optimizētu barības vielu uzņemšanu. Cietā frakcija satur vairāk organisko vielu, fosfora un kālija, padarot to piemērotu lēni šķīstošiem mēslojumiem vai augsnes kondicionieriem.
- **Vieglāka apstrāde un uzglabāšana:** Šķidros kūtsmēslus ir vieglāk pumpēt un izsmidzināt, izmantojot apūdeņošanas vai tvertņu sistēmas, padarot to izmantošanu efektīvāku. Cietā frakcija, kas ir kompaktāka, ir vieglāk uzglabājama, transportējama un apstrādājama kompostam vai žāvēšanai.
- **Smaku un emisiju samazināšana:** Kūtsmēslu atdalīšana palīdz samazināt smakas un siltumnīcefekta gāzu emisijas, īpaši metāna un amonjaka, jo šķidro frakciju var vieglāk apstrādāt vai izplatīt, lai mazinātu vides ietekmi.
- **Biogāzes ražošanas efektivitāte:** Biogāzes rūpnīcās kūtsmēslu atdalīšana var uzlabot gremošanas efektivitāti. Cietā frakcija, kas bagāta ar organiskām vielām, ir ideāla anaerobai gremošanai, savukārt šķidro frakciju var pārstrādāt vai apstrādāt atsevišķi.
- **Uzlabota ūdens kvalitāte:** Sadalot frakcijas, ir vieglāk apsaimniekot barības vielas un novērst to noplūdi ūdenstilpēs, palīdzot aizsargāt apkārtējo ūdens kvalitāti.

Tehnoloģijas, kas tiek izmantotas cietās un šķidrās frakcijas atdalīšanai:

Vairākas tehnoloģijas tiek izmantotas kūtsmēslu sadalīšanai šķidrās un cietās frakcijās atkarībā no darbības apjoma, efektivitātes vajadzībām un konkrētajiem mērķiem. Izplatītākās tehnoloģijas ir marķētas ar zvaigznīti (*).

- **Mehāniskā atdalīšana:**
 - **Skrūvspiediena separatori:*** Šie izmanto skrūvju mehānismu, lai izspiestu cieto frakciju no kūtsmēsliem, kamēr šķidrā frakcija tiek atdalīta. Šī ir viena no visbiežāk izmantotajām metodēm saimniecībās, īpaši govju un cūku kūtsmēsliem.

- Priekšrocības: vienkārša un efektīva plašam kūtsmēsļu veidu diapazonam, zemas enerģijas prasības un zemas apkopes izmaksas. Piemērota vidēja un liela mēroga saimniecībām.
 - **Rotējošie cilindra separatori:*** Rotējošs cilindrs ar sietu ļauj šķidrumam filtrēties, kamēr cietās daļiņas tiek saglabātas un atūdeņotas.
 - Priekšrocības: labi piemērots liela apjoma kūtsmēsļu apstrādei, darbojas nepārtraukti ar minimālu apkopi. Parasti izmanto lielās govju fermās un biogāzes ražotnēs.
 - **Lentes preses separatori:** Nepārtrauktā lēnē izspiež kūtsmēsļus starp veltniem, atdalot cietās vielas no šķidrumiem, izmantojot spiedienu. Lentes preses separatori ir efektīvi, atgūstot lielu daudzumu cieto daļiņu, tāpēc tos bieži izmanto saimniecībās, kur kūtsmēsli tiek kompostēti vai cietā frakcija tiek izmantota citām vajadzībām.
 - Priekšrocības: augsts cieto daļiņu saturs atdalītajā materiālā, piemērots kūtsmēsļiem ar augstu šķiedru saturu. Izmanto govju un māju putnu fermās, kur cietā frakcija ir vērtīga pakaišu, komposta vai organiskā mēslojuma granulū ražošanai.
 - **Vibrējošie sieti:** Šie sieti vibrē, ļaujot šķidrumam izfiltrēties, kamēr cietās vielas tiek saglabātas. To bieži apvieno ar citām sistēmām, lai nodrošinātu efektīvāku atdalīšanu.
- **Centrifugēšana:**
 - **Centrifugālie separatori:*** Izmanto augstas ātruma griešanos, lai atdalītu cietās vielas no šķidrām, pamatojoties uz to blīvumu. Smagākās cietās daļiņas virzās uz ārējām malām, bet šķidrums paliek centrā.
 - Priekšrocības: ļoti efektīvi smalko daļiņu atdalīšanā, var apstrādāt lielus apjomus. Parasti izmanto, ja nepieciešama uzlabota barības vielu apsaimniekošana, piemēram, biogāzes rūpnīcās vai fosfora atgūšanai.
 - **Nosēdināšanas un decantēšanas dīķi:**
 - **Gravitācijas nosēdināšanas tvertnes vai dīķi:** Kūtsmēsli tiek nosēdināti lielās tvertnēs vai dīķos, kur smagākā cietā frakcija nosēžas apakšā, un šķidro frakciju var sifonēt no augšas. Šī ir vienkārša, bet efektīva metode, ko bieži izmanto liela mēroga vai mazāk mehanizētās saimniecībās.
 - Priekšrocības: minimālas iekārtu un darbības izmaksas, viegli pārvaldāma. Bieži izmantota cūku un liellopu fermās, kur pieejama zeme lielu uzglabāšanas dīķu ierīkošanai. Vajadzība pēc pārsega var samazināt izmaksu efektivitāti.
 - **Filtrācijas sistēmas:**
 - **Ģeotekstila maisu filtri:** Lieli caurlaidīgi auduma maisi, kuros tiek iesūknēti kūtsmēsli. Šķidrā frakcija izsūcas caur audumu, kamēr cietās vielas paliek iekšā. Tā ir jauna tehnoloģija lauksaimniecības sektorā.
 - Priekšrocības: pārnēsājama un viegli uzstādāma tehnoloģija ar zemām apkopes prasībām. Piemērota mazām un vidēja lieluma saimniecībām vienkāršai kūtsmēsļu apsaimniekošanai.

Latvijas Lauksaimniecības universitātes (2020) ziņojums "Klimatam draudzīga lauksaimniecības prakse Latvijā: šķidro kūtsmēsļu un digestāta atdalīšana" sniedz praktiskus piemērus un piel.

Priekšapstrāde celulozi saturošam materiālam

Daudzi lauksaimniecības blakusprodukti, piemēram, salmi un kukurūzas atliekas, ir bagāti ar celulozi, hemicelulozi un lignīnu. Celuloze, kas ir galvenā augu materiālu sastāvdaļa, ir izturīga un grūti sadalāma, kas padara šos materiālus grūti sagremojamus lopkopībai, īpaši vienkunģa dzīvniekiem (piemēram, cūkām un māļputniem) un mazākā mērā arī atgremotājiem (piemēram, liellopiem un aitām). Tomēr priekšapstrāde mīkstina cietu, šķiedrainu celulozi saturošu barības vielu struktūru, padarot to vieglāk košļājamu un sagremojamu dzīvniekiem. Tas uzlabo barības garšīgumu un veicina labāku lopbarības uzņemšanu. Priekšapstrāde palīdz sadalīt šīs struktūras, padarot mikroorganismiem vieglāk piekļūt un sagremot materiālu. Lauksaimniecības atkritumi, kas ir bagāti ar celulozi, piemēram, kultūraugu atliekas, bieži ir pieejami lielā daudzumā, bet tiek maz izmantoti. Priekšapstrādājot šos materiālus, iespējams efektīvāk atgūt enerģiju un barības vielas, pārvēršot atkritumus vērtīgos resursos, piemēram, bioenerģijas ražošanā.

Uzlabota biogāzes ražošana un labāks bio-mēslojums:

- **Anaerobās gremošanas efektivitāte:** Biogāzes rūpnīcās celulozi saturoši materiāli (piemēram, salmi, kukurūzas atliekas) bieži tiek izmantoti kā substrāti. Priekšapstrāde sadala celulozi un hemicelulozi vienkāršākos cukuros, kurus mikroorganismi var fermentēt biogāzē.
 - **Augstāks ražīgums:** Uzlabojot materiāla sagremojamību, priekšapstrāde palielina kopējo biogāzes ražu, padarot procesu efektīvāku un rentablāku.
 - **Ātrāka apstrāde:** Celulozi saturošu materiālu priekšapstrāde samazina laiku, kas nepieciešams materiāla sadalīšanai bioreaktoros vai kompostēšanas sistēmās. Šis īsāks uzturēšanas laiks ļauj ātrāk apstrādāt un palielināt apstrādes jaudu.
 - **Vienmērīgs substrāts:** Priekšapstrāde var samazināt lielus, šķiedrainus augu materiālus mazākās, vienmērīgākās daļiņās, uzlabojot substrātu sajaukšanu biogāzes rūpnīcās.
 - **Lignīna sadalīšanās:** Lignīns, komplekss organisks polimērs augu šūnu sienās, var kavēt mikrobu aktivitāti anaerobās gremošanas laikā. Dažas priekšapstrādes metodes palīdz samazināt lignīna saturu, mazinot tā inhibējošo ietekmi un uzlabojot mikrobu gremošanu.
 - **Barības vielu izdalīšana:** Priekšapstrāde palīdz atbrīvot barības vielas, piemēram, slāpekli, fosforu un kāliju, kas ir iekļautas augu šūnu sienās, padarot tās vieglāk pieejamas, kad tās tiek izmantotas kā mēslojums vai augsnes kondicionieri pēc kompostēšanas vai gremošanas.

Uzlabota barības vielu pieejamība dzīvnieku barībai:

- **Enerģijas izdalīšana:** Priekšapstrāde palīdz atbrīvot enerģiju, kas uzkrāta sarežģītos ogļhidrātos (celulozē un hemicelulozē). Kad šie savienojumi tiek sadalīti, tie nodrošina vieglāk pieejamu enerģijas avotu dzīvniekiem, veicinot labāku augšanas ātrumu un barības efektivitāti.

- **Palielināta proteīnu pieejamība:** Lai gan pašā celulozē nav olbaltumvielu, priekšapstrāde bieži palīdz atbrīvot saistītās barības vielas, tostarp olbaltumvielas un aminoskābes no augu šūnu sienām, padarot tās bioloģiski pieejamas.
- **Lignīns un tanīni:** Lignīns, kas atrodams augu šūnu sienās, nav sagremojams un var saistīt barības vielas, padarot tās dzīvniekiem nepieejamas. Dažas priekšapstrādes metodes palīdz samazināt lignīna saturu, palielinot barības vispārējo uzturvērtību.
- **Toksīnu noņemšana:** Daži lauksaimniecības atlikumi satur tādas vielas kā tanīni vai citus antinutricionālus faktorus, kas traucē gremošanu. Priekšapstrāde var palīdzēt noņemt vai neitralizēt šīs vielas.
- **Materiāla mīkstināšana:** Priekšapstrāde mīkstina cietu, šķiedrainu celulozi saturošu barības vielu struktūru, padarot to vieglāk dzīvniekiem košļājamu un sagremojamu. Tas uzlabo barības garšīgumu un veicina labāku lopbarības uzņemšanu.
- **Enzīmu hidrolīze:** Dažas ķīmiskas vai enzīmu priekšapstrādes metodes var sadalīt sarežģītus ogļhidrātus vienkāršākos cukuros, uzlabojot barības ogļhidrātu profilu. Tas var palīdzēt līdzsvarot enerģijas saturu, kad to apvieno ar olbaltumvielu avotiem, padarot diētu pilnvērtīgāku.
- **Lauksaimniecības blakusproduktu izmantošana:** Priekšapstrāde ļauj no zemas izmaksas, celulozi saturošiem lauksaimniecības blakusproduktiem, kuri citādi tiktu izšķērdēti, radīt vērtīgu lopbarību. Tas lauksaimniekiem piedāvā pieejamu un ilgtspējīgu alternatīvu tradicionālajiem barības avotiem.
- **Labāka barības vielu izmantošana:** Priekšapstrāde uzlabo barības vielu uzsūkšanos un gremošanu, kas rezultējas ar mazāk izšķērdētiem ekskrementiem no dzīvniekiem. Tas ir īpaši svarīgi intensīvās lauksaimniecības operācijās, kur maksimālā barības efektivitāte ir galvenā.

Izplatītas priekšapstrādes metodes:

- **Mehāniskā priekšapstrāde:** Organisko materiālu smalcināšana, malšana vai griešana mazākās daļiņās, lai palielinātu virsmas laukumu.
 - **Izplatīta izmantošana:** Uzlabo barības garšīgumu un sagremojamību; veicina biogāzes ražošanu, padarot organisko materiālu vieglāk sagremojamu mikroorganismiem.
- **Ķīmiskā priekšapstrāde:** Izmanto skābes (piemēram, atšķaidītu sērskābi), sārmu (piemēram, nātrija hidroksīdu, amonjaku) vai enzīmus, lai sadalītu celulozi, hemicelulozi un lignīnu.
 - **Izplatīta izmantošana:** Sārmi uzlabo sagremojamību atgremotāju barībā; uzlabo bioenerģijas ražošanas efektivitāti, atverot celulozes struktūru. Skābes atbrīvo fermentējamus cukurus no biomasas bioenerģijas ražošanai (piemēram, etanolam un biogāzei).
- **Termiskā priekšapstrāde:** Siltuma vai tvaika pielietošana, lai mīkstinātu organisko materiālu un sadalītu tā struktūru.
 - **Izplatīta izmantošana:** Plaši izmantota biogāzes un bioetanolā ražošanā; var tikt pielietota, lai uzlabotu dzīvnieku barību.
- **Bioloģiskā un enzīmu priekšapstrāde:** Izmantojot noteiktus sēnītes, lai degradētu lignīnu un padarītu celulozi pieejamāku, vai izmantojot specifiskus enzīmus (piemēram, celulāzes un hemicelulāzes).
 - Šīs metodes nav ļoti izplatītas, un tās ir dārgas lielapjoma lietošanā.

Priekšapstrādes metodes ir būtiskas, lai padarītu celulozi saturošus lauksaimniecības atlikumus pieejamākus mikrobu gremošanai, neatkarīgi no tā, vai tos izmanto dzīvnieku barībā vai bioenerģijas ražošanā. Katrai metodei ir specifiskas priekšrocības atkarībā no organiskā materiāla veida un paredzētā lietojuma, vai tas būtu barības sagremojamības uzlabošanai vai biomasas pārveidošanai atjaunojamajos enerģijas avotos, piemēram, biogāzē vai biokurināmajā.

Lasiet vairāk pārskata rakstā no Razaq et al. (2024)) “Green and sustainable pretreatment methods for cellulose extraction from lignocellulosic biomass and its applications”

Biogāzes ražošana – Anaerobā gremošana

Biogāze tiek ražota dabiskā procesā, ko sauc par anaerobo gremošanu, kurā mikroorganismi sadala organiskos materiālus, piemēram, organiskos atkritumus, augu atliekas un dzīvnieku kūtsmēslus, vidē bez skābekļa. Šis process rada gāzu maisījumu, galvenokārt metānu (CH_4) un oglekļa dioksīdu (CO_2), padarot biogāzi par atjaunojamu enerģijas avotu. Viena no galvenajām anaerobās gremošanas priekšrocībām ir tā, ka tas samazina organisko atkritumu masu un smaku, stabilizējot tos un pārvēršot tos vērtīgos produktos, piemēram, biogāzē un bio-mēslojumā.



Avoti bioatkritumiem, kas var tikt anaerobi sagremoti, lai ražotu biogāzi un bio-mēslojumu.

Biogāzes sastāvs:

Metāns (CH_4):

- Metāns ir galvenā biogāzes enerģijas sastāvdaļa.
- Metāna saturs parasti svārstās no 45% līdz 75% pēc tilpuma.
- Biogāzes enerģijas saturs mainās atkarībā no metāna koncentrācijas variācijas.

Oglekļa dioksīds (CO_2):

- CO_2 ir otra lielākā sastāvdaļa biogāzē.
- Tas ir anaerobās gremošanas procesa produkts un var tikt uztverts kā bio- CO_2 , kas var aizstāt fosilo CO_2 , ko izmanto augu augšanas veicināšanai siltumnīcās.

Biogāzes rūpnīcas lielums ir svarīgs, jo biogāzes izmantošana ir atkarīga no saražotās enerģijas daudzuma. Liela biogāzes rūpnīca bieži var attaisnot ieguldījumus gāzes uzlabošanas sistēmā, savukārt maza vai vidēja izmēra rūpnīcas parasti ražo biogāzi elektroenerģijas ģenerēšanai un apkurei.



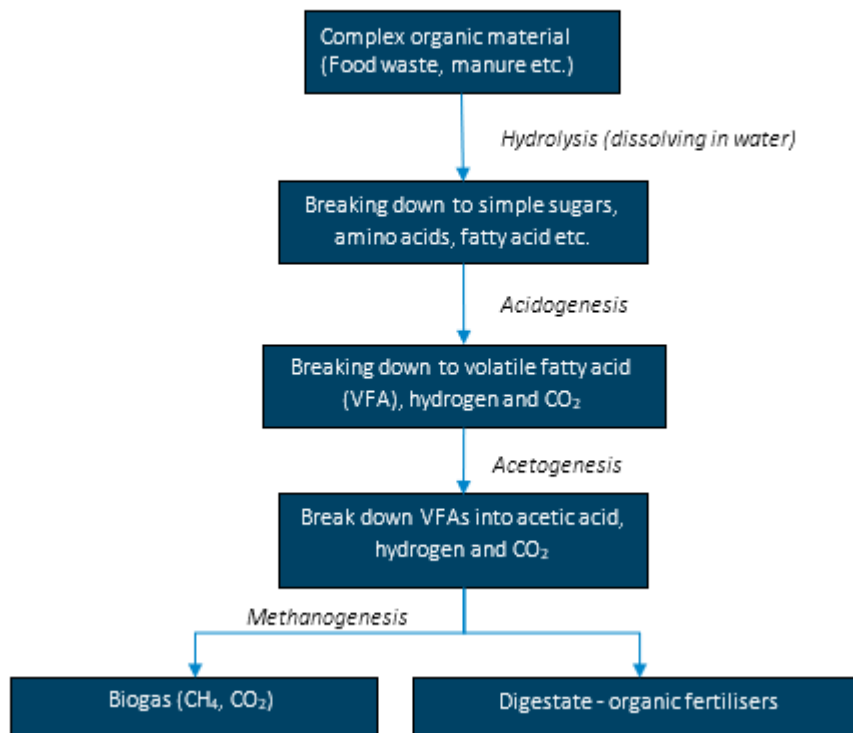
Biogāzes stacijai var būt potenciāls ražot modernizētu biogāzi kā degvielu transportlīdzekļiem

Biogāzes ražošanas celi – sarežģīta organiskā materiāla sadalīšana

Biogāzes ražošanas process sastāv no vairākiem mikrobioloģiskiem metaboliskajiem posmiem, ko nodrošina dažādu baktēriju sugas reaktorā. Organiskais materiāls tiek sadalīts anaerobi, proti, bez skābekļa klātbūtnes. Lai gan dažas baktērijas reaktorā var izturēt skābekli, citas to nevar. Noslēguma posms, metanogēze, tiek veikts ar stingri anaerobām baktērijām, kas nevar izdzīvot skābekļa klātbūtnē un ir ļoti jutīgas pret temperatūras svārstībām un zemu pH līmeni. Lai optimizētu biogāzes ražošanu, mikroorganismu videi ir rūpīgi jāseko līdzi, tostarp temperatūras, sārmainības un gaistošo skābju līmenim.

Biogāzes procesā lielas organisko vielu molekulas tiek sadalītas metānā un oglekļa dioksīdā. Tas ir iespējams sarežģītas dažādu mikroorganismu mijiedarbības dēļ. Piemēram, viens organisms var radīt "barību" citam organismam vai mainīt vides pH, lai radītu labvēlīgus apstākļus citam organismam. Viss, kas netiek sadalīts gāzē, ir atlikumi un var tikt izmantots kā organiskais mēslojums vai augsnes uzlabošanas līdzeklis. Tas ietver tādas barības vielas kā slāpekli, fosforu un kāliju, kas ir pieejamas augiem. Organiskajā mēslojumā ietilpst arī ogleklis, kuru nevarēja pārvērst gāzē, bieži vien aptuveni 50% no sākotnējā oglekļa organiskajā materiālā, lai gan tas var atšķirties atkarībā no materiāla.





Vienkāršots biogāzes procesa apraksts ar dažādiem bioķīmiskiem un mikrobioloģiskiem soļiem.

Bioreaktori

Bioreaktors ir noslēgts, hermētisks konteiners vai tvertne, kas aprīkota ar maisīšanas mehānismu, lai nodrošinātu vienmērīgu sajaukšanu. Nepārtrauktas plūsmas sistēmās substrāts tiek iesūkņēts tādā pašā ātrumā, kādā tiek izvadīts sagremotais materiāls (bio-mēslojums). Vidējais uzturēšanās laiks bioreaktorā parasti ir no 20 līdz 40 dienām atkarībā no procesa apstākļiem. Dabiski mikroorganismi sadala organisko materiālu, radot biogāzi, kas tiek savākta no bioreaktora augšējās daļas.



Sadedzināšana vai kombinētā siltuma un elektroenerģijas ražošana (CHP)

Biogāzes katls sadedzina biogāzi, lai ražotu siltumu, ko var izmantot ēku apkurei. Kombinētā siltuma un elektroenerģijas (CHP) dzinējs vai turbīna ražo gan siltumu, gan elektroenerģiju. Aptuveni viena trešdaļa enerģijas tiek pārvērsta elektroenerģijā, bet pārējās divas trešdaļas var izmantot apkurei.



Biometāna uzlabošana

Biometāns, kas pazīstams arī kā atjaunojamā dabasgāze, ir attīrīta biogāze, kas uzlabota, noņemot CO₂ un citus piemaisījumus, piemēram, sērūdeņradi. Biometāns ir saderīgs ar esošo dabasgāzi. Uzlabošanas process var tikt veikts, izmantojot dažādas metodes, piemēram, skrubēšanu, membrānas, ķīmiskās apstrādes vai temperatūras bāzētas metodes. Ar augstāku enerģijas saturu nekā biogāzei, biometāns ir tīrāka alternatīva fosilajiem kurināmajiem, īpaši transporta nozarē. Uzlaboto biogāzi var tālāk pārstrādāt saspišanas vai sašķidrīnāšanas formās, lai atvieglotu uzglabāšanu un pārvaldību.



Bio-CO2: Zaļš risinājums rūpnieciskajām vajadzībām

Biogāzes ražošanas procesā veidojas ievērojams blakusprodukts — bio-CO2. Šis oglekļa dioksīds, kas iegūts no bioloģiskiem avotiem, var būt būtiska loma rūpniecisko emisiju samazināšanā. Ir divas galvenās pieejas šī bio-CO2 izmantošanai:

- **Tieša izmantošana:** Tas ietver bio-CO2 izmantošanu gāzes veidā, piemēram, lai ražotu bioķīmikālijas, degvielu un betonu.
- **Sašķidrināšana:** CO2 tiek pārvērsts šķidrā formā. Lai gan šī metode ir energoietilpīgāka, tā piedāvā vairākas priekšrocības. Šķidrās CO2 ir blīvāks un to var efektīvāk uzglabāt un transportēt nekā gāzi. Tas ir īpaši noderīgi, ja nepieciešami lieli CO2 apjomi vai ja uzglabāšanas vieta ir ierobežota.

Lai gan sašķidrināšanas enerģijas izmaksas ir jāvērtē attiecībā pret tās priekšrocībām, ja bio-CO2 tiek uzlabots līdz metānam, tas var aizstāt rūpniecisko CO2 mazākos daudzumos, potenciāli samazinot emisijas

Biogāzes ražas palielināšana ar metanizāciju

Metanizācija ir process, kas pārvērš oglekļa monoksīdu (CO) un oglekļa dioksīdu (CO₂) metānā (CH₄), izmantojot ūdeņradi (H₂). Tas ir būtiski, lai ražotu metānu no nemetāna avotiem un uzlabotu biogāzes efektivitāti un tīrību. Piemēram, vēja parku pārpalikušo elektroenerģiju var izmantot ūdeņraža ražošanai ar elektrolīzes palīdzību, un šo ūdeņradi var izmantot metanizācijā vai pievienot anaerobajam reaktoram, lai palielinātu metāna ražošanu.

Secinājums

Anaerobā gremošana ir izplatīts bioloģisko atkritumu, piemēram, notekūdeņu dūņu un pārtikas atkritumu, apstrādes process. Šis process samazina atkritumu daudzumu, bioloģiski tos stabilizē, samazina patogēnus un minimizē smaku, pirms tie tiek uzglabāti un izmantoti kā bio-mēslojums. Kontrolēta kūtsmēsļu anaerobā gremošana arī palielina barības vielu pieejamību, īpaši slāpekli, un atvieglo to izplatīšanu. Biogāze piedāvā būtisku risinājumu, apmierinot enerģijas pieprasījumu, vienlaikus aizsargājot vidi. Pārvēršot organiskos atkritumus enerģijā un stabilā oglekļa formā, mēs pārvēršam atkritumus vērtīgā un ilgtspējīgā nākotnes resursā.

Biogāzes ražošanas priekšrocības:

- **Efektīva atkritumu apsaimniekošana:** Biogāze piedāvā efektīvu veidu, kā pārvaldīt organiskos atkritumus, tostarp pārtikas un dzīvnieku atkritumus. Tā ļauj pārstrādāt svarīgas barības vielas, piemēram, slāpekli, fosforu un kāliju, ko var izmantot lauksaimniecības mēslojumam.
- **Darba vietu radīšana:** Biogāzes nozare, sākot no atkritumu savākšanas līdz biogāzes ražošanai, var radīt ievērojamu skaitu darba vietu un ekonomisku vērtību.
- **Atjaunojamais resurss:** Biogāze un bio-mēslojums tiek ražoti no atjaunojamiem resursiem, samazinot atkarību no neilgtspējīgiem resursiem, piemēram, naftas un ķīmiskajiem mēslojumiem.

Biogāzes ražošanas trūkumi:

- **Atkarība no organiskā materiāla:** Nepārtraukta biogāzes ražošana prasa pietiekamu organisko materiālu daudzumu. Konkurēnce par šiem materiāliem no citiem sektoriem var radīt resursu sadales problēmas.
- **Smaku un atrašanās vietas jautājumi:** Atkritumu apsaimniekošana var radīt nepatīkamas smakas, tāpēc biogāzes rūpnīcu atrašanās vieta ir kritiska, lai mazinātu iespējamās smakas traucējumus apdzīvoto vietu tuvumā.
- **Temperatūras ietekme:** Biogāzes ražošana ir atkarīga no temperatūras, un klimata apstākļi var ietekmēt ražošanas efektivitāti. Aukstākās vietās nepieciešami papildu resursi, lai izolētu un apsildītu iekārtas, kas palielina ražošanas izmaksas.
- **Izmaksas un investīcijas:** Biogāzes rūpnīcas izveide prasa ievērojamas izmaksas un investīcijas, īpaši infrastruktūras un bio-mēslojuma uzglabāšanas iekārtu izveidei.
- **Metāna noplūde:** Metāna emisijas var rasties bio-mēslojuma uzglabāšanas laikā, ja tvertne nav pienācīgi noslēgta. Turklāt metāns var izkļūt no biogāzes rūpnīcas, ja tas netiek efektīvi sadedzināts vai uztverts.

Lai gan pastāv izaicinājumi, daudzus no tiem var pārvaldīt ar rūpīgu plānošanu, tehnoloģiju attīstību un efektīvu darbību. Biogāzes ražošana saskaras ar sistēmiskiem izaicinājumiem, kuru risināšanai nepieciešama politiskā griba. Neskatoties uz trūkumiem, pastāv zināšanas un tehnoloģijas biogāzes ražošanai, padarot to par dzīvotspējīgu iespēju ilgtspējīgas enerģijas ražošanā.



Liela biogāzes stacija

Norvēģijā piemērs ir "Den Magiske Fabrikken" ("Burvju fabrika"), kurai ir aptuveni 120 GWh biogāzes ražošanas jauda. Šajā rūpnīcā pārtikas atkritumi un dzīvnieku kūstmēsli tiek pārveidoti biogāzē, organiskajā mēslojumā no digestāta, kā arī vermikompostā un zaļajā CO₂. Pārtikas atkritumi nāk no aptuveni 1,2 miljoniem iedzīvotāju Austrumnorvēģijā, savukārt dzīvnieku kūstmēsli tiek iegūti no liellopu un cūku fermām Vestfoldā.

Tomēr Burvju fabrika ir vairāk nekā tikai biogāzes rūpnīca. Tā kalpo par centru, kas savieno dažādas nozares ar dažādiem projektiem un iniciatīvām, veidojot pamatu ilgtspējīgai attīstībai, inovācijām un zaļajai izaugsmei. Reģionālais atkritumu apsaimniekošanas uzņēmums VESAR ir izveidojis Zināšanu un pieredzes centru blakus biogāzes rūpnīcai. Šis centrs piedāvā bērniem un jauniešiem praktiskas mācību iespējas par atkritumu šķirošanu, pārstrādi, pārtikas ražošanu un atjaunojamo enerģiju. Izglītošanas pieredzē liela nozīme ir teorijas apvienošanai ar praksi, ļaujot dalībniekiem redzēt, izgaršot un sajūst reālos apstākļos.

Zviedrijas piemērs ir More Biogas Småland AB, kas tika izveidots 2011. gada februārī pēc vairāku gadu sagatavošanās. Uzņēmumam ir 21 akcionārs, tostarp 15 zemnieki no Förlösa, Läckeby un Rockneby, kas atrodas tieši uz ziemeļiem no Kalmāras. Šī rūpnīca ražo saspiestu transportlīdzekļu gāzi vietējai lietošanai. Izejvielas ir kūstmēsli no zemnieku saimniecībām un pārtikas atkritumi no mājāsaimniecībām apkārtējās pašvaldībās.

No 100 000 tonnām substrāta uzņēmums ražo gandrīz tikpat daudz šķidrā organiskā mēslojuma. Lielākā daļa šī organiskā mēslojuma tiek atgriezta zemniekiem. Tas satur augstāku barības vielu līmeni, salīdzinot ar parastajiem kūstmēsliem, ar lielāku slāpekļa koncentrāciju.

Organiskā mēslojuma uzlabošana

Kas ir organiskais mēslojums?

Organiskie mēslojumi tiek iegūti no dabīgiem organiskajiem avotiem, piemēram, dzīvnieku kūstmēsliem, komposta, pārtikas atkritumiem un augu atliekām. Tie nodrošina augiem barības vielas, bieži vien lēni atbrīvojošā veidā, vienlaikus uzlabojot augsnes struktūru un veicinot mikrobu aktivitāti. Šie mēslojumi parasti satur galvenās barības vielas, piemēram, slāpekli, fosforu, kāliju, sekundārās barības vielas, piemēram, sēru, kā arī dažādus mikroelementus. Organiskie mēslojumi satur organisko oglekli, kas ir būtisks augsnes auglības uzturēšanai un veselīgas ekosistēmas atbalstam.

Organiskā mēslojuma uzlabošana ietver procesus, kas stabilizē organisko materiālu, padara barības vielas vieglāk pieejamas un veicina augu augšanu un augsnes veselību. Turklāt no organiskajiem mēslojumiem var ražot augu bio-stimulatorus, kas uzlabo augu augšanu un izturību pret stresu, vai bio-mēslojumus, kas uzlabo barības vielu pieejamību, izmantojot mikroorganismus.

Organisko mēslojumu un līdzīgu produktu veidi:

- **Organiskais mēslojums no anaerobās gremošanas:** Biogāzes ražošanas blakusprodukts, kas iegūts no organiskām vielām, piemēram, dzīvnieku kūstmēsliem vai pārtikas atkritumiem. Šis mēslojums uzlabo augsnes auglību un veicina veselīgu augu augšanu, pārvēršot organisko

saistīto slāpekli vieglāk pieejamā amonija slāpekļī. To sauc arī par digestātu, bio-slurriju vai bio-mēslojuma atlikumiem.

- **Komposts:** Izgatavots no sadalītām organiskām vielām, piemēram, vistu vai govju mēsliem, komposts bagātina augsni ar būtiskām barības vielām, uzlabo augsnes struktūru un palielina mikrobu aktivitāti.
- **Vermikomposts:** Ražots, izmantojot sliekas, kas sagremo organiskos atkritumus, vermikomposts ir bagāts ar barības vielām un labvēlīgiem mikroorganismiem, uzlabojot augsnes veselību un auglību.
- **Frass:** Kukaiņu, piemēram, melno karavīru mušu kāpuru vai miltu tārpu ekskrementi. Frass ir ar barības vielām bagāts bioloģisks mēslojums, kas efektīvi uzlabo augsni un veicina augu augšanu un augsnes veselību.



Tehnoloģijas organisko mēslojumu uzlabošanai

Tehnoloģijas, piemēram, anaerobā gremošana, žāvēšana un kompostēšana, tiek izmantotas, lai ražotu un uzlabotu organiskos mēslojumus. Šīs tehnoloģijas uzlabo mēslojuma kvalitāti un efektivitāti, padarot to noderīgāku lauksaimniecības vajadzībām. Katras tehnoloģijas loma:

Anaerobā gremošana - šķidrā vai cietā digestāts

- **Mehānisms:** Organiskie materiāli (piemēram, kūtsmēsli, pārtikas atkritumi vai kultūraugu atliekas) tiek sadalīti mikroorganismu darbības rezultātā bez skābekļa klātbūtnes, radot biogāzi (metānu un oglekļa dioksīdu) un digestātu (ar barības vielām bagātu atlikumu).
- Ieguvumi:
 - **Uzlabots barības vielu profils:** Organiskais mēslojums no anaerobās gremošanas ir bagāts ar slāpekli, fosforu un kāliju, un tam bieži ir labāka barības vielu pieejamība nekā neapstrādātiem organiskajiem materiāliem.
 - **Samazināti patogēni un smakas:** Gremošanas process palīdz samazināt patogēnu daudzumu un nepatīkamas smakas, padarot mēslojumu drošāku un patīkamāku lietošanai.
- **Pielietojums:** Digestātu, gan šķidru, gan cietu, var lietot, izmantojot to pašu aprīkojumu, ko parasti izmanto piena un cūku fermu kūtsmēsļu izkliešanai.

Žāvēšana - granulēts vai granulu organiskais mēslojums

- **Mehānisms:** Organiskie materiāli vai to blakusprodukti (piemēram, kompostēti vistas kūtsmēsli) tiek žāvēti, lai samazinātu mitruma saturu, padarot tos vieglāk apstrādājamus un uzglabājamus.
- Ieguvumi:

- **Ilgāks uzglabāšanas laiks:** Žāvētiem mēslojumiem ir ilgāks derīguma termiņš, un tie ir mazāk pakļauti mikrobu bojājumam vai degradācijai uzglabāšanas laikā.
- **Uzlabota barības vielu koncentrācija:** Žāvēšana var koncentrēt barības vielas, padarot mēslojumu efektīvāku uz vienu svara vienību.
- **Vieglāka apstrāde:** Sausi, granulēti vai granulu produkti ir vieglāk transportējami, uzglabājami un izkliedējami nekā slapji vai daļēji cieti organiskie materiāli.
- **Pielietojums:** Žāvēti mēslojumi var tikt izkliedēti, izmantojot to pašu aprīkojumu, ko parasti izmanto minerālmēsli izkliedēšanai, piemēram, plaša diapazona izkliedētājus.

Kompostēšana - organiskā mēslojuma vai augsnes uzlabotāja produkts

- **Mehānisms:** Organiskie materiāli tiek sadalīti mikroorganismu darbības rezultātā skābekļa klātbūtnē, pārvēršot tos kompostā, kas ir stabils, ar barības vielām bagāts augsnes uzlabotājs.
- Ieguvumi:
 - **Uzlabota barības vielu pieejamība:** Kompostēšana stabilizē barības vielas, padarot tās pieejamākas augiem.
 - **Uzlabota augsnes struktūra:** Komposts uzlabo augsnes struktūru, aerāciju un ūdens noturēšanas spēju, veicinot augsnes veselību.
 - **Patogēnu un nezāļu sēkļu samazināšana:** Pareizi kompostēšanas procesi samazina patogēnus un nezāļu sēklas, padarot mēslojumu drošāku lietošanai.
- **Pielietojums:** Kompostu var izkliedēt laukos, izmantojot aprīkojumu, līdzīgu tam, ko izmanto kūtsmēsli izkliedēšanai aitām un liellopiem, piemēram, mēslojuma izkliedētājus.

Organisko mēslojumu uzlabošanas priekšrocības

- **Barības vielām bagāts resurss:** Bioloģiskie mēslojumi, piemēram, kūtsmēsli, satur būtiskas barības vielas, kas nepieciešamas augu augšanai. Tomēr, uzlabojot šos mēslojumus, var uzlabot barības vielu līdzsvaru un pieejamību. Piemēram, bio-mēslojums, kas iegūts no sagremotiem kūtsmēsliem un pārtikas atkritumiem biogāzes rūpnīcā, bieži vien uzrāda labāku barības vielu profilu, salīdzinot ar neapstrādātiem kūtsmēsliem. Šāds uzlabots bio-mēslojums parasti piedāvā labāku slāpekļa pieejamību un sabalansētāku barības vielu sastāvu, padarot to efektīvāku augu augšanai.
- **Ogleklis un augsnes struktūra:** Organiskā materiāla pievienošana augsnei palīdz sekvestrēt oglekli, veicinot klimata pārmaiņu mazināšanu, samazinot atmosfēras CO₂ līmeni. Bioloģiskais mēslojums palīdz uzglabāt augsnē organisko oglekli. Organiskās vielas uzlabo augsnes struktūru, ūdens noturēšanu un barības vielu pieejamību, kas veicina veselīgu augsni un palielina ražīgumu.
- **Tirgus pieprasījums:** Pieaug patērētāju un tirgus pieprasījums pēc ilgtspējīgām un organiskām lauksaimniecības praksēm, kas var palielināt tirgus iespējas bioloģiskajiem mēslojumiem.
- **Samazināts piesārņojuma risks:** Pareizi pārvaldīti bioloģiskie mēslojumi, salīdzinot ar sintētiskajiem alternatīviem, mazāk ticami rada barības vielu noplūdi un ūdens piesārņojumu.
- **Zemāks oglekļa pēdas nospiedums:** Organisko mēslojumu ražošana un izmantošana parasti rada zemākas siltumnīcefekta gāzu emisijas, salīdzinot ar sintētiskajiem mēslojumiem.

Trūkumi

- **Patogēnu riski:** Ja mēslojumi nav pienācīgi apstrādāti, tajos joprojām var būt patogēni vai nezāļu sēklas, lai gan šis risks parasti ir mazāks ar labi pārvaldītiem uzlabošanas procesiem.
- **Reglamentējošās prasības:** Uzlaboto bioloģisko mēslojumu izmantošanai un lietošanai var būt regulatīvās prasības, kas var atšķirties atkarībā no reģiona un prasa ievērot konkrētus standartus.
- **Enerģijas patēriņš:** Dažos uzlabošanas procesos, piemēram, žāvēšanā, ir nepieciešams ievērojams enerģijas patēriņš.
- **Uzglabāšanas prasības:** Dažiem uzlabotiem bioloģiskajiem mēslojumiem var būt nepieciešami īpaši uzglabāšanas apstākļi, lai saglabātu to efektivitāti un novērstu degradāciju.
- **Apstrādes problēmas:** Dažām uzlabotām mēslojuma formām, piemēram, šķidrājiem vai granulētajiem mēslojumiem, var būt nepieciešams īpašs aprīkojums to izkliedēšanai.
- **Mainīga kvalitāte:** Uzlaboto mēslojumu barības vielu profils var atšķirties atkarībā no izejvielām un apstrādes metodēm.
- **Augstākas ražošanas izmaksas:** Uzlabošanas procesi, piemēram, kompostēšana, vermikompostēšana vai biogāzes ražošana, var būt dārgāki nekā neapstrādātu kūtsmēsli izmantošana.

Piemēri par uzlabotiem bioloģiskajiem mēslojumiem tomātu audzēšanai

Piemērs Norvēģijā ir **Den Magiske Fabrikken** ("Burvju fabrika"), kurai ir aptuveni 120 GWh biogāzes ražošanas jauda. Šajā rūpnīcā pārtikas atkritumi un dzīvnieku kūtsmēsli tiek pārveidoti par biogāzi, bio-mēslojumu, vermikompostu un zaļo CO₂. Pārtikas atkritumi tiek savākti no aptuveni 1,2 miljoniem iedzīvotāju Austrumnorvēģijā, bet dzīvnieku kūtsmēsli nāk no liellopu un cūku fermām Vestfoldas apriņķī.

Blakus biogāzes rūpnīcai ir uzcelta eksperimentāla **BBBLS** ("bubble") siltumnīca, kas izmanto uztverto bio-CO₂ un atūdeņoto šķidro digestātu no biogāzes rūpnīcas, kā arī vermikompostu, kas iegūts no digestāta. Šo sistēmu sauc par **digeponiku**. Digeponika ir lauksaimniecības metode, kas integrē organiskos mēslojuma produktus no anaerobās gremošanas, ieskaitot CO₂, ar dārzena audzēšanu siltumnīcās. Šī ilgtspējīgā sistēma ražo videi draudzīgus tomātus vietējiem lielveikaliem. Pati "bubble" siltumnīcas tehnoloģija nodrošina līdz 80% enerģijas ietaupījumu, un apvienojumā ar bio-CO₂ un bio-mēslojuma izmantošanu siltumnīca sasniedz iespaidīgu 90% enerģijas patēriņa samazinājumu, salīdzinot ar tradicionālajām siltumnīcām.

Pirolīze

Pirolīzes risinājums: Kas ir pirolīze?

Pirolīze ir process, kurā biomasa (piemēram, koksne) tiek karsēta līdz augstām temperatūrām (līdz pat 500–600 grādiem pēc Celsija), bez skābekļa klātbūtnes (saskaņā ar Oslo universitāti, 2022). Tā vietā, lai degtu, organiskā viela sadalās gāzēs, eļļās un cietos oglekļa atlikumos. Tas ir molekulārs pārveidošanas process, kurā garas un sarežģītas molekulas tiek pārveidotas par īsākām un vienkāršākām struktūrām.

Mežizstrādes dilemma

Koksnes masa, kas paliek pāri: Mežizstrādes vietās bieži paliek neizmantošana līdz pat pusei no iegūtās koksnes masas.

Leguvumi:

- **Atjaunojams enerģijas avots:** Mežu biomasa var tikt izmantota enerģijas ražošanai, ko uzskata par atjaunojamo resursu un kas var palīdzēt samazināt atkarību no fosilajiem kurināmajiem.
- **Atkritumu samazināšana:** Koksnes atlieku un citu meža blakusproduktu izmantošana enerģijas iegūšanai palīdz izmantot materiālus, kas citādi varētu tikt izšķērdēti.
- **Ekonomiskās iespējas:** Mežizstrāde biomasai var sniegt ekonomiskus ieguvumus, tostarp jaunu darba vietu radīšanu lauku apvidos un meža nozares atbalstu.

Izaicinājumi:

- **Ekosistēmas ietekme:** Mežizstrāde var traucēt ekosistēmas, kaitēt dzīvnieku dzīvotnēm un izraisīt bioloģiskās daudzveidības zudumu. Ir nepieciešamas ilgtspējīgas apsaimniekošanas prakses, lai mazinātu šos efektus.
- **Oglekļa emisijas:** Lai gan biomasa ir atjaunojama, mežizstrādes un koksnes transportēšanas procesā var izdalīties oglekļa dioksīds un citas siltumnīcefekta gāzes, kas var mazināt biomasas izmantošanas klimata ieguvumus.
- **Zemes izmantošanas maiņa:** Mežu pārveidošana biomasas ražošanai var izraisīt mežu izciršanu vai zemes degradāciju, kas ietekmē oglekļa uzglabāšanu un augsnes veselību.
- **Ilgspējība:** Jānodrošina, ka mežizstrāde tiek veikta ilgtspējīgi un nenoved pie pārmērīgas koku izciršanas vai meža resursu izsīkšanas.



Būtībā, "Mežizstrādes dilemma" norāda uz nepieciešamību pēc rūpīgas apsaimniekošanas un politikas, lai risinātu konkurējošās prasības enerģijas ražošanas un meža saglabāšanas jomās.

Bioogle: Ogli saturošs risinājums

Bioogle ir porains, ar oglekli bagāts materiāls, kas iegūts no atjaunojamiem avotiem, piemēram, koksnes un augiem. Atšķirībā no parastās ogles, kas ir neatjaunojams resurss, bioogle līdzinās dabas "sūklī", pateicoties tā sīkajām porām un caurumiem.



Terra Preta

Amazones reģionā senā augsne, pazīstama kā "Terra Preta", tika bagātināta ar bioogli, parādot tās vēsturisko nozīmi augsnes uzlabošanā (Pommeresche, 2018). Bioogles porainā struktūra palīdz efektīvi uzturēt ūdeni, radot labvēlīgus apstākļus augu augšanai. Tā arī uzglabā barības vielas un atbalsta mikroorganismus, kas veicina augsnes veselību. Turklāt bioogle spēlē nozīmīgu lomu oglekļa sekvestrācijā, uzglabājot CO₂. Pievienojot vienu kubikmetru bioogles augsnei, var novērst 1000 kg CO₂ emisiju (Jære, 2017).

Enerģijas ražošana

Biooglei ir arī pielietojumi enerģijas ražošanā. Tā var aizstāt mazāk videi draudzīgus enerģijas avotus un tiek izmantota kā kurināmais elektrostacijās, rūpniecības objektos un mājāsaimniecībās siltuma un elektroenerģijas ražošanai. Kā oglekļa neitrāls materiāls bioogle tiek ražota no augiem, kas caur fotosintēzi ir absorbējuši CO₂.

Bioeļļa: Pirolīzes izcelsme

Bioeļļa tiek ražota ar pirolīzes metodi un ir tumši brūns šķidrums, kas satur ūdeni, organiskus savienojumus, piemēram, fenolus, aldehīdus un ketonus, kā arī nelielu daudzumu nekondensējamu gāzu. Precīzs sastāvs mainās atkarībā no pirolīzes temperatūras (O'Toole & Grønlund, 2012).

Bioeļļas pielietojumi:

- **Enerģijas avots:** Bioeļļu var izmantot ēku apkurei vai elektroenerģijas ražošanai, tā ir alternatīva tradicionālajiem fosilajiem kurināmajiem.
- **Rafinēšanas iespējas:** Pēc tālākas rafinēšanas bioeļļa kļūst piemērota transporta sektoram.
- **Kulinārijas piedzīvojumi:** Vai esat dzirdējuši par "šķidro dūmu"? Tas ir bioeļļas izstrādājums, kas piešķir ēdienam dūmainu garšu.

Bioeļļas priekšrocības:

- **Elastība:** Bioeļļu var ražot no dažādiem biomasas avotiem, kas nodrošina plašu izejvielu klāstu.
- **Energoefektivitāte:** Bioeļļas ražošana ir energoefektīva, minimizējot enerģijas zudumus. Tā var viegli integrēties esošajā infrastruktūrā, piemēram, naftas pārstrādes rūpniecībā (Opdal & Hojem, 2007).

Bioeļļas trūkumi:

- **Uzglabāšana un apstrāde:** Bioeļļai ir augsts ūdens saturs, un tā var būt kodīga, tādēļ nepieciešama īpaša uzglabāšana un apstrāde.
- **Enerģijas blīvums:** Bioeļļas enerģijas blīvums ir zemāks nekā tradicionālajiem fosilajiem kurināmajiem, kas var ierobežot tās izmantošanu dažos pielietojumos.

Gāzēšana

Gāzēšana ir termohimikāls process, kurā organiskie vai oglekli saturošie materiāli, piemēram, koksnes biomasa (700-800°C), tiek pārvērsti gāzu maisījumā, kas pazīstams kā sintēzes gāze (syngas). Šis process notiek augstā temperatūrā kontrolētā vidē ar ierobežotu skābekļa vai tvaika daudzumu. Galvenās sintēzes gāzes sastāvdaļas ir oglekļa monoksīds (CO), ūdeņradis (H₂), oglekļa dioksīds (CO₂) un dažkārt metāns (CH₄).

Vēsturiskais konteksts: Gāzēšanas pirmsākumi

Gāzēšana nav jauna tehnoloģija — tai ir sena vēsture. Jau 1800. gados gāzi izmantoja ielu apgaismojumam pilsētās. Otrā pasaules kara laikā Eiropā, naftas trūkuma dēļ, koksnes gāze darbināja automašīnas (Hofstad, 2020).

Gāzēšanas process: Kas ir gāzēšana?

Gāzēšana pārvērš biomasas cietos vai šķidros kurināmos gāzē, konkrēti, sintēzes gāzē (ūdeņraža, oglekļa monoksīda un citu gāzu maisījums). Šo tehnoloģiju sauc par gāzētāju, un biomasa tiek uzkaršēta līdz aptuveni 800-1000 grādiem pēc Celsija bez skābekļa, kā rezultātā rodas gāze.



Resursu dažādība:

Gāzēšana ir daudzveidīga resursu izmantošanā un var apstrādāt plašu materiālu klāstu, tostarp:

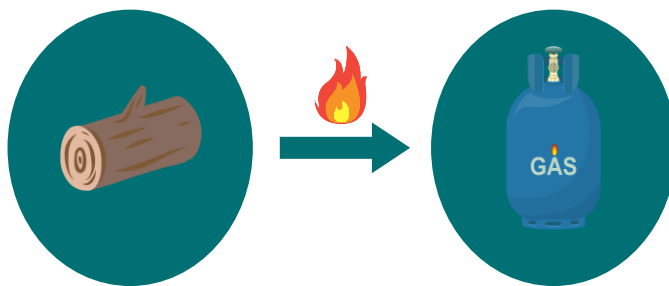
- Biomasa (piemēram, koksne, miza un skaidas)
- Ogles
- Dabasgāze
- Organiskie atkritumi

Priekšrocības:

- **Samazinātas bīstamās emisijas:** Gāzēšana samazina kaitīgo vielu, piemēram, sēra un hlora, emisijas (Hofstad, 2020). Šīs vielas tiek uztvertas pelnos, padarot gaisu tīrāku un samazinot skābā lietus risku.
- **Gudra resursu izmantošana:** Gāzēšana pārvērš atkritumus (gan bioloģiskos, gan fosilos) gāzē. Tas ir kā pārvērst atkritumus dārgumus, samazinot atkarību no fosilajiem kurināmajiem un veicinot ilgtspējību.
- **Metālu saglabāšana:** Atšķirībā no augstas temperatūras procesiem, kas kaitē metāliem, gāzēšana saglabā otrreiz pārstrādājamus materiālus. Vērtīgos metālus var atkārtoti izmantot bez bojājumiem.

Trūkumi:

- **Zems enerģijas blīvums:** Gāzēšanas energoefektivitāte ir aptuveni 55 procenti (Fornybarklyngen, 2020). Liela daļa ievades enerģijas tiek zaudēta, tāpēc, lai sasniegtu vēlamu izlaidi, ir nepieciešama lielāka gāzes ražošana.
- **Sarežģītība:** Atkritumi ir dažādu vielu maisījums, kas ietekmē gāzēšanas efektivitāti. Pirmsapstrāde vai atkritumu šķirošana var būt nepieciešama (Hofstad, 2020).



Gāzēšanas atšķirības no pirolīzes:

- **Produkts:** Gāzēšana ražo tikai sintēzes gāzi, savukārt pirolīze rada bioeļļu, ogles un mazāku gāzu daļu.
- **Temperatūra:** Gāzēšanai ir nepieciešama augstāka temperatūra (800-1000°C), savukārt pirolīze notiek zemākā temperatūrā (500-600°C).
- **Resursu diapazons:** Gāzēšana var apstrādāt plašāku resursu klāstu, savukārt pirolīze parasti ir ierobežota ar biomasu un organiskajiem atkritumiem.

Pyrolysis	V S	Gassification
<p>Product</p>		<p>Product</p>
<p>Temperature</p> <p>500 - 600°C</p>		<p>Temperature</p> <p>800 - 1000°C</p>
<p>Resources</p>		<p>Resources</p>

Dažādi termohimikālie biomasas pārveidošanas procesi (Mishra & Upadhyay, 2021)

Process	Temperatūra (C)	Spiediens (MPa)	Galvenie produkti
Torrefakcija	230-300	0.1	Cietie kurināmie
Sašķidrināšana	250-330	5–20	Bioeļļas, gāzes
Pirolīze	300-600	0.1–0.5	Bioeļļas, transporta kurināmie
Gāzēšana	700-1300	≥0.1	Sintēzes gāze
Sadedzināšana	700-1400	≥0.1	Siltums, elektroenerģija

Proteīnu ekstrakcija

Termiskā hidrolīze proteīnu ekstrakcijā: Dabas celtniecības bloku atklāšana

Proteīnu ekstrakcijas pamati: Kāpēc ekstrahēt proteīnus?

Proteīni ir būtiski dzīvei — tie ir šūnu, audu un enzīmu celtniecības bloki. Proteīnu ekstrakcija ļauj mums iegūt šīs vērtīgās molekulas dažādiem nolūkiem.

Izejvielas un metodes:

Mēs varam ekstrahēt proteīnus no dažādiem avotiem, kas satur proteīnus, piemēram:

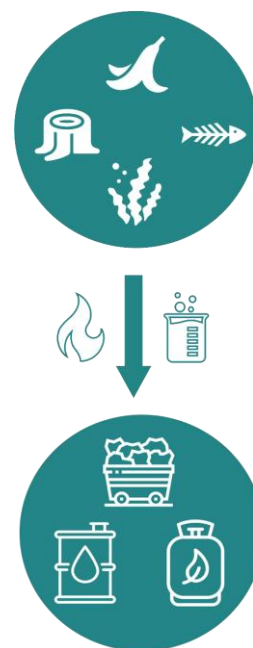
- Zāle
- Dzīvnieku blakusprodukti
- Pupas

Tiek izmantotas dažādas tehnoloģijas, piemēram:

Ūdens bāzes ekstrakcija: Vienkāršākā metode, kur proteīni tiek ekstrahēti, sajaucot augu materiālu ar ūdeni, bieži vien pielāgojot pH līmeni. Pēc filtrēšanas un centrifugēšanas proteīni tiek atdalīti no pārējām augu sastāvdaļām.

Sārnu ekstrakcija un izoelektriskā izgulsnēšana: Šajā metodē pH tiek pielāgots sārmainā līmenī, lai izšķīdinātu proteīnus no augu materiāla. Pēc tam pH tiek pazemināts līdz proteīnu izoelektriskajam punktam, kur proteīni izgulsnējas un tos var izolēt.

Enzīmiskā hidrolīze: Tiek izmantoti enzīmi, lai sašķeltu augu materiāla šūnu sienas un atbrīvotu proteīnus. Šī metode ir maigāka un palīdz saglabāt proteīnu funkcionalitāti.



Termiskā hidrolīze: Izmanto siltumu un spiedienu, lai sašķeltu sarežģītas organiskās molekulas, piemēram, proteīnus, mazākās vienībās. Augu proteīnu ekstrakcijas kontekstā termiskā hidrolīze var palīdzēt sašķelt šūnu sienas un atbrīvot proteīnus. Tā var palielināt proteīnu ražu vai uzlabot to sagremojamību. Tomēr ir svarīgi līdzsvarot siltumu un spiedienu, lai izvairītos no proteīnu denaturācijas, kas var samazināt to funkcionālās īpašības pārtikas produktos.

Termiskās hidrolīzes izskaidrojums: Kas ir termiskā hidrolīze?

Ledomājieties, ka jūs sildāt zāli (vai jebkuru citu izejvielu) un pēc tam to presējat, lai iegūtu šķidrumu. Šis šķidrums satur proteīnus — tie ir vērtīgie elementi, kurus mēs meklējam! Pārpalikusī zāle sadalās divās daļās: mitrā daļā un cietā daļā.

Cietā atlikuma apstrāde:

no mērķa, cieto atlikumu var apstrādāt vairākos veidos:

1. **Žāvēšana:** Noņemot mitrumu no atlikuma, iegūst stabilu, sausu produktu pulvera vai granulu formā. Šī metode palīdz saglabāt proteīnu saturu ilgtermiņa uzglabāšanai un atvieglo transportēšanu.
2. **Šķidrā šķiduma izmantošana:** Dažreiz šķidrā blakusprodukta proteīniem bagātā forma ir vērtīgāka tieši tā mitrā veidā. Šo šķidrumu var tieši izmantot noteiktos lietojumos vai tālāk apstrādāt, lai izolētu specifiskas proteīnu frakcijas vai barības vielas.

Daudzpusīgs pielietojums:

No augiem iegūtos proteīnu blakusproduktus var izmantot, lai radītu jaunus augu izcelsmes pārtikas produktus gan cilvēkiem, gan dzīvniekiem.

- **Gaļas aizstājēji:** Pieaugot pieprasījumam pēc dzīvnieku izcelsmes produktu alternatīvām, augu proteīni no atlikumiem piedāvā daudzsoļus risinājumus. Šie proteīni var tikt veidoti teksturētos gaļas aizstājējos, kas imitē tradicionālās gaļas garšu un tekstūru.
- **Ar proteīniem bagātas batoniņi un uzkodas:** Iedomājieties batoniņu un uz kodu ražošanu, kas ne tikai ir bagātas ar proteīniem, bet arī iegūtas no ilgtspējīgiem avotiem, piemēram, zāles vai citiem augu atlikumiem!
- **Dzīvnieku barība:** Proteīni ir būtiski arī mājlopu veselībai un augšanai. Iekļaujot augu proteīnu blakusproduktus dzīvnieku barībā, var uzlabot mājlopiem nodrošināto uzturu. Tā vietā, lai importētu soju vai citus proteīna avotus, kas rada lielāku oglekļa pēdu, tos var aizstāt ar vietējiem proteīniem bagātiem blakusproduktiem.

Daži uzņēmumi izstrādā modulāras proteīnu ekstrakcijas sistēmas, kas paredzētas mazākām ražotnēm, un šeit ir viens piemērs:

Alfa Laval — augu proteīnu apstrāde

[Alfa Laval](#) piedāvā mazāka mēroga augu proteīnu apstrādes sistēmas, kas piemērotas vietējai vai lauku saimniecību izmantošanai. Viņu risinājumi ietver proteīnu ekstrakciju, atdalīšanu un attīrīšanu, kas ir izstrādāti efektīvi un ilgtspējīgi.

Fosfora atgūšana

Fosfora iegūšanai no bioloģiskiem materiāliem, piemēram, organiskajiem atkritumiem, kūtsmēsliem vai pārtikas atkritumiem, ir vairākas būtiskas priekšrocības, īpaši ņemot vērā, ka fosfors ir svarīga barības viela augu augšanai. Šeit ir galvenie iemesli, kāpēc fosfors tiek iegūts no bioloģiskiem materiāliem:

- **Fosfors ir ierobežots resurss:** Fosfors, kas galvenokārt tiek iegūts no fosfāta iežiem, ir neatjaunojams resurss, kas izsīkst. Fosfora iegūšana no bioloģiskiem materiāliem piedāvā ilgtspējīgu veidu, kā pārstrādāt šo būtisko barības vielu un samazināt atkarību no iegūtā fosfora.
- **Ilgtspējīga atkritumu apsaimniekošana:** Bioloģiskie materiāli, piemēram, kūtsmēsli, pārtikas atkritumi un notekūdeņi, satur ievērojamu daudzumu fosfora. Fosfora iegūšana palīdz pārstrādāt barības vielas no atkritumiem, kas citādi veicinātu piesārņojumu. Atgūstot fosforu, mēs samazinām atkritumu daudzumu un barības vielu noplūdes radīto kaitējumu videi, kas var izraisīt ūdenstilpņu eutrofikāciju un "mirušās zonas".
- **Augsnes auglības uzlabošana:** Fosfors ir būtisks sakņu attīstībai, enerģijas pārnesei un kopējai augu veselībai. Fosfora iegūšana no organiskajiem materiāliem un tā atgriešana augsnes palīdz atjaunot barības vielu izsīkušās lauksaimniecības augsnes, uzturot to auglību un ražīgumu ilgtermiņā.
- **Ķīmisko mēslojumu izmantošanas samazināšana:** Fosfora iegūšana no bioloģiskiem materiāliem palīdz samazināt atkarību no sintētiskajiem ķīmiskajiem mēslojumiem. Tas atbalsta ilgtspējīgākas lauksaimniecības prakses un samazina ar ķīmisko mēslojumu ražošanu un transportēšanu saistītās vides un ekonomiskās izmaksas.
- **Cirkulārā ekonomika:** Iegūstot fosforu no atkritumu materiāliem, lauksaimniecības sistēma kļūst vairāk cirkulāra. Barības vielas tiek atkārtoti izmantotas, kas atbilst cirkulārās lauksaimniecības principiem, samazinot gan atkritumus, gan vajadzību pēc ārējiem resursiem, piemēram, sintētiskajiem mēslojumiem.
- **Lauksaimniecības pieprasījuma apmierināšana:** Fosfors ir viena no galvenajām barības vielām, kas nepieciešama pārtikas ražošanai, un pieprasījums pēc tā ir augsts. Fosfora iegūšana no bioloģiskiem materiāliem nodrošina alternatīvu piegādi, lai apmierinātu pieaugošo pieprasījumu pēc fosfora lauksaimniecībā, it īpaši globālo pārtikas ražošanas vajadzību pieauguma apstākļos.

Kopsavilkumā, fosfora iegūšana no bioloģiskiem materiāliem veicina ilgtspējību, samazina kaitējumu videi un atbalsta lauksaimniecības produktivitāti cirkulārā un resursu efektīvākā veidā.

Ir vairākas tehnoloģijas fosfora atgūšanai, un šeit tiek piedāvātas divas no tām.

Ņemot vērā, ka pasaules fosfora rezerves ir ārkārtīgi ierobežotas, atgūšanas tehnoloģijas ir ārkārtīgi svarīgas. Turklāt pašreizējie fosfora avoti ir arvien vairāk piesārņoti un atrodas grūti sasniedzamās vietās, piemēram, Ķīnā, Marokā un Krievijā, kas nozīmē, ka fosfors ir ģeopolitiski svarīgs resurss.

[European Sustainable Phosphorus Platform](#) (Eiropas ilgtspējīgā fosfora platforma) piedāvā veiksmes stāstus par fosfora atgūšanu no lauksaimniecības blakusproduktiem un atkritumu plūsmām, piemēram, biosolīdiem un notekūdeņiem.

Anuvia Plant Nutrients	Metawater alkaline ash leaching	RSR (Green Sentinel)
Ash2Phos (EasyMining)	NuReSys	Rubiphos-TTBS
AshDec (Metso Outotec)	P-roc	SIMPPhos-process (Cirkel)
Charlene - ReCord	PAKU (Endev)	Sinfert
Ecophos, EcophosLoop (Prayon)	Parforce	Sludge lysis
EuPhore	Pearl (Ostara)	Spodofos (ThermusP)
Flashphos (Uni. Stuttgart, Italmatch)	PHOS4Green (Glatt)	Struvite enhanced: Return streams
GetMoreP (Prayon)	Phos4Life (ZAR – Técnicas Reunidas)	Struvite enhanced: acid (MSE-mobile)
HAIX ion exchange (LayneRTTM)	PHOSPHIX (Clean TeQ Water)	Struvite precipitation
HTCycle	Phosphogreen (Suez)	SusPhos
ICL	Phosphorce (Veolia)	TerraNova (HTC)
Kemira iron / aluminium phosphate	RAVITA (Helsinki HSY)	TetraPhos (Remondis)
Kubota	Renewable Nutrients	Varcor
LYSTEK	RePeat (Nijhuis Saur Industries)	ViviMag® (Kemira)
		WasStrip (Ostara)

Fosfora atgūšanai ir dažādas tehnoloģijas un vadības sistēmas. Divi pastāvošie ceļi ir struvīta veidošanās un fosfora atgūšana no pelniem.

Struvīta veidošanās - fosfora avots ilgtspējīgai lauksaimniecībai

Kas ir struvīts?

Struvīts ir minerāls, kas veidojas, kad noteiktas vielas — amonijs, fosfāts un magnijs — savienojas šķidrā maisījumā. Tas izskatās kā mazi kristāli, kas atgādina smiltis vai mazus akmentiņus.

Problēma:

Struvīts var radīt problēmas kanalizācijas caurulēs un sistēmās, izraisot aizsprostojumus un traucējumus (Blytt, 2022).

Struvīta iegūšanas process:

- **Savākšana un veidošanās:** Pirmais solis ir notekūdeņu savākšana, kas satur struvītu. Tad pievieno specifiskas ķīmiskas vielas, lai veicinātu struvīta kristālu veidošanos. Šie kristāli satur būtiskas barības vielas: fosforu, slāpekli un magniju.
- **Atdalīšana un izolācija:** Pēc struvīta kristālu izveidošanās tos atdala no šķidruma, filtrējot vai ļaujot tiem nosēsties.
- **Mēslojuma potenciāls:** Šos izolētos struvīta kristālus var izmantot kā mēslojumu. Tie ir bagāti ar fosforu, kas ir būtisks augu augšanai.



Struvīta iegūšanas priekšrocības:

1. **Vērtīgā fosfora saglabāšana:** Fosfors ir ierobežots resurss, un struvīts palīdz mums to labāk izmantot. Iegūstot struvītu, mēs nodrošinām ilgtspējīgu fosfora piegādi lauksaimniecībai.
2. **Ūdens vides aizsardzība:** Pārmērīgs fosfora daudzums ūdenī izraisa strauju aļģu augšanu, kas var izjaukt ekosistēmas. Struvīta izņemšana no notekūdeņiem veicina tīrāku ūdeni.

Struvīta veidošanās notiek un kristalizējas, ja šķidrums ir pareiza temperatūra, pH un slāpekļa (kā amonija slāpekļa), magnija jonu un fosfora (kā fosfāta) koncentrācija. Lai kontrolētu kristalizācijas procesu, ir izstrādātas dažādas tehnoloģijas, kas ir pieejamas tirgū. Parasti ir nepieciešams kontrolēt jonu NH_4^+ , PO_4^{2-} un Mg^{2+} līdzsvaru, un bieži vien ir jāpiepievieno magnijs, lai nodrošinātu optimālos apstākļus.

Dairy Research Farm De Marke Nīderlandē ir ieviesusi struvīta atgūšanas tehnoloģiju savā bio-rafinēšanas sistēmā. Vairākas citas notekūdeņu attīrīšanas iekārtas, piemēram, Waßmannsdorf iekārta Berlīnē, ir uzstādījušas līdzīgas sistēmas, piemēram, **AirPrex**[®], lai atgūtu struvītu no notekūdeņu dūņu vai biosolīdu apstrādes. Tas palīdz samazināt fosfāta līmeni notekūdeņos, vienlaikus ražojot tirgojamu mēslojumu.

Fosfora iegūšana no pelniem

EasyMining ir uzņēmums, kas koncentrējas uz fosfora atgūšanu, risinot Eiropas lielo atkarību no fosfora ieguves (Blytt et al., 2017). Viņu tehnoloģija Ash2[®]Phos ļauj iegūt fosforu no sadedzinātu notekūdeņu pelniem. Līdz pat 90% fosfora var tikt atgūts no šiem pelniem (EasyMining, 2023).

Trīs soļu process:

- **Skābes solis:** Fosfora izšķīdināšana no pelniem, izmantojot skābi, lai iegūtu ar fosforu bagātu starpproduktu.
- **Sārmainais solis:** Starpprodukta stabilizēšana turpmākai apstrādei.
- **Pārveidošanas solis:** Lietotājam draudzīga fosfora produkta izveide lauksaimniecības lietošanai.

EasyMining tehnoloģija izmanto atkritumus kā resursu. Tā ne tikai atgūst fosforu, bet arī citus vērtīgus metālus (EasyMining, 2023). Sadarbībā ar Gelsenwasser, EasyMining uzbūvēs pasaulē pirmo fosfora atgūšanas rūpnīcu, izmantojot Ash2Phos tehnoloģiju Vācijā, kas plānota darbības uzsākšanai 2027. gada sākumā. Šī tehnoloģija nodrošinās cirkulāru fosforu mēslojumos.

Slāpekļa atgūšana

Plazmas apstrāde - slāpekļa uzlabošana

Minerālmēslojuma ražošana saskaras ar ilgtspējības problēmām. Izejvielas ir ierobežotas, un ražošanas process paļaujas uz fosilajiem kurināmajiem, kas kaitē klimatam. Tāpēc ir svarīgi izpētīt inovatīvas un videi draudzīgas metodes mēslojuma ražošanai, kas var nodrošināt nepieciešamās barības vielas, nekaitējot videi.

N2Applied ir izstrādājusi revolucionāru tehnoloģiju, kas samazina slāpekļa oksīdu emisijas — spēcīgu siltumnīcefekta gāzi. Šī inovācija ļauj lauksaimniekiem samazināt savu ietekmi uz vidi, padarot

lauksaimniecību ilgtspējīgāku un efektīvāku. Tehnoloģija pārvērš atmosfēras slāpekli (N₂), ko augi nevar izmantot, par amonija nitrātu, nodrošinot kultūras ar pieejamu un vērtīgu barības vielu. Tehnoloģija sastāv no trim galvenajām daļām: barošanas avota, plazmas vienības un absorbcijas torņa. Process ietver slāpekļa atdalīšanu no gaisa un tā savienošana ar ūdeni, lai izveidotu šķidro mēslojumu.

N₂Applied tehnoloģijas priekšrocība ir tās spēja ražot mēslojumu uz vietas, piemēram, saimniecībā, kas novērš transportēšanas nepieciešamību un dod lauksaimniekiem lielāku kontroli pār ražošanu. Šī tehnoloģija arī palīdz samazināt slāpekļa oksīdu emisijas, kas labvēlīgi ietekmē vidi un klimatu.

Šī tehnoloģija pašlaik tiek pielietota desmit vietās sešās dažādās Eiropas valstīs.

Norvēģija: N₂ iekārta tika uzstādīta saimniecībā Rørosā, kur tā apstrādā 130 piena govju kūtsmēslus. Instalācija Galvolden Gård izmanto vietējo saules paneļu ražoto enerģiju.

Dānija: Foulum rūpnīcā ir četri 15 L reaktori, četri 200 L reaktori, divi 10 m³ reaktori, divi 30 m³ reaktori un galvenais fermentators ar ietilpību 1200 m³, kas spēj apstrādāt aptuveni 80 tonnas izejvielu dienā.

Zviedrija: More Biogas, Småland tika izveidota 2011. gada februārī kā fermentācijas rūpnīca, kas ražo saspiestu transportlīdzekļu degvielu vietējai lietošanai Kalmārā, Zviedrijā. Uzņēmumam ir 22 līdzīpašnieki, no kuriem 18 ir tuvumā esošie vistas, cūku un liellopu audzētāji Förlēsā, Läckeby un Rockneby, kas atrodas uz ziemeļiem no Kalmāras. Aptuveni 90,000 tonnas substrāta ik gadu tiek nogādātas rūpnīcā. Substrātu veido kūtsmēsli, ko piegādā vietējās saimniecības, kā arī pārtikas atkritumi no kaimiņu pašvaldībām. Sadarbības apmaiņas līgumā ar piegādājošajiem lauksaimniekiem šis fermentācijas šķidrums tiek transportēts vidēji 7,5 km no rūpnīcas un izplatīts uz piegādātāju lauksaimnieku laukiem, kas kopā sastāda aptuveni 3,500 hektārus zemes. Integrējot N₂ plazmas tehnoloģiju More Biogas esošajā infrastruktūrā 2021. gadā, fermentācijas blakusprodukts tiek apstrādāts, radot augstas veiktspējas organisko mēslojumu.

Amonija slāpekļa atgūšana – mazgāšanas tehnoloģija

Amonija slāpekļi var tikt atgūti no šķidrumiem, paaugstinot pH līmeni, izmantojot sārmu (lūgu), kas pārvērš amoniju amonjaka gāzē. Pēc tam amonjaks tiek mazgāts ar skābi, lai to pārvērstu atpakaļ tādās formās kā amonija nitrāts vai amonija sulfāts. Šī tehnoloģija tiek izmantota notekūdeņu attīrīšanas iekārtās, un viens no piemēriem ir Somijas biogāzes rūpnīca notekūdeņu dūņu un bioloģisko atkritumu apstrādei.

Piemērs no Somijas

Forssas enerģijas ražotne Somijā, kopš 2024. gada jūlija pazīstama kā **Sallia Energia**, ir viena no vairāk nekā 130 līdzīgām vietām, kas pieder un ko ekspluatē **Nevel**. Rūpnīca ik gadu ražo 190 GWh enerģijas, izmantojot cieto biomasu kā galveno kurināmo, kā arī notekūdeņu dūņas, pārtikas atkritumus un dzīvnieku izcelsmes blakusproduktus. Saražotā biogāze tiek daļēji izmantota ūdens tvaika ražošanai, kas nepieciešams tehnoloģiskajam procesam, bet daļa tiek izmantota

elektroenerģijas un siltuma ražošanai koģenerācijas stacijā. Daļa biogāzes tiek attīrīta un bagātināta biometānā, ko pārdod tuvējā biometāna uzpildes stacijā (saspiesta biogāze).

Lauksaimniecības sezonā bio-mēslojums tiek bez maksas nodots tuvējām saimniecībām kā mēslojums. Ziemas periodā ar centrifūgu palīdzību no pārstrādātā substrāta tiek atdalīta sausā vielas frakcija, kas tiek uzglabāta līdz pavasarim un lauksaimniecības sezonai, kad tā tiek nosūtīta lauksaimniekiem. Šķidrā frakcija (atkrituma ūdens) tiek papildus apstrādāta ar lūgu (Na sārmu), kas noārda atlikušās šķīstošās organiskās vielas, un pēc tam ar sērskābi, lai ražotu amonija sulfātu. Pēdējā procesā tiek atdalīts amonijs un nitrāts no atkrituma ūdens.

3. daļa: Ieviešana un risinājumi

Galvenie izaicinājumi inovācijām un radīšanai

Inovācijas un jauni risinājumi bioekonomikā saskaras ar specifiskiem izaicinājumiem. Šeit ir daži no galvenajiem izaicinājumiem:

Tehnoloģiju attīstība

Izaicinājums bioekonomikā ir attīstīt un uzlabot tehnoloģijas, kas nodrošina efektīvu organisko materiālu izmantošanu un barības vielu pārstrādi. Tas var ietvert tehnoloģijas biomasas enerģijas pārveidošanai, biotehnoloģijas ražošanas procesu optimizēšanai un metodes barības vielu pārstrādei un atgūšanai. Jaunu tehnoloģiju izstrādei un ieviešanai nepieciešami ievērojami pētījumi, investīcijas un testēšana.

- **Piemērs:** Izmaksu ziņā efektīvāku un ilgtspējīgāku metožu izstrāde biomasas pārveidei, piemēram, bioetanola ražošanai no celulozes materiāliem. Izaicinājums ir atrast optimālus procesus, kas līdzsvaro enerģijas patēriņu un ražošanas izmaksas.

Tirgus un finansiālā nenoteiktība

Bioekonomikai ir izaicinājumi saistībā ar ilgtspējību un ietekmi uz vidi. Ir nepieciešams nodrošināt, lai organisko materiālu ražošana un izmantošana notiktu ilgtspējīgā veidā, kas ņem vērā vides sekas, piemēram, mežu izciršanu, ūdens patēriņu, ķīmikālijas un siltumnīcefekta gāzu emisijas.

- **Piemērs:** Lai gan bioplastmasa var būt videi draudzīgs tradicionālās plastmasas aizstājējs, tās cena var būt augstāka, kas var samazināt pieprasījumu (Fredri & Dorigato, 2021).

Ilgtspējība un ietekme uz vidi

Bioekonomikai ir izaicinājumi saistībā ar ilgtspējību un ietekmi uz vidi. Ir nepieciešams nodrošināt, lai organisko materiālu ražošana un izmantošana notiktu ilgtspējīgā veidā, kas ņem vērā vides sekas, piemēram, mežu izciršanu, ūdens patēriņu, ķīmikālijas un siltumnīcefekta gāzu emisijas.

- **Piemērs:** Organisko materiālu palielināta izmantošana var izraisīt konfliktus starp nepieciešamību ražot pārtiku un izejvielas bioekonomikas produktiem. Piemēram,

pieaugošais pieprasījums pēc biokurināmā var izraisīt konkurenci par lauksaimniecības zemi pārtikas ražošanai. Organisko materiālu ražošana var ietekmēt vietējo ekoloģiju un bioloģisko daudzveidību. Mežu izciršana, lai iegūtu organiskos materiālus, var izraisīt biotopu zaudējumu apdraudētām sugām un ekosistēmu pārmaiņas.

Politiskie un regulējošie ietvari

Bioekonomika darbojas sarežģītā politisko un regulējošo ietvaru sistēmā. Izaicinājumi var rasties no regulējuma saskaņošanas trūkuma, neskaidriem bioekonomikas produktu noteikumiem un stimulu trūkuma ilgtspējīgai bioekonomikai (Olsen & Torrissen, 2023).

- **Piemērs:** Pastāv juridiski ierobežojumi attiecībā uz notekūdeņu dūņu bāzētu bio-mēslojumu izmantošanu. Jūraszāļu un aļģu industrija, kā arī kukaiņu industrija arī cīnās ar problēmām, kas saistītas ar likumdošanas ierobežojumiem attiecībā uz produktu definīcijām.

Lai risinātu šos izaicinājumus, ir nepieciešama sadarbība starp akadēmisko vidi, industriju, varas iestādēm un sabiedrību kopumā. Nepieciešamas investīcijas pētniecībā un attīstībā, atbalstošas politikas un regulējuma izstrāde, ilgtspējības un vides ietekmes apzināšanās, kā arī pasākumi zināšanu un kompetences veicināšanai bioekonomikā.

Globālā un Eiropas politika

Šeit ir daži ātri fakti par politiskajām stratēģijām, kas saistītas ar ilgtspējīgākas nākotnes sasniegšanu un kur bioekonomikai ir nozīmīga loma. Ja vēlaties iesaistīt studentus ar viktorinām un spēlēm, [ES mācību stūrītis](#) piedāvā daudz interaktīvu aktivitāšu, no kurām varat izvēlēties.

jautājumu studentiem: Vai jūs domājat, ka līdz 2050. gadam mēs sasniegsim mērķus?

Ledomājieties, ka ir 2030. gads, un jums ir savs uzņēmums zaļajā sektorā. Ko jūs būtu gatavi darīt, lai sniegtu savu ieguldījumu mērķu sasniegšanā? Varbūt ražot atjaunojamo enerģiju? Sadarboties ar pētniekiem jaunu inovatīvu tehnoloģiju pārbaudē? Vākt atkritumus, kas vēlāk tiks pārstrādāti jaunajos produktos? Stādīt dārzus, kas nodrošina patvērumu un barību apputeksnētājiem?

Parīzes nolīgums:

Līgums cīņai pret klimata pārmaiņām. Tā mērķis ir ierobežot globālās temperatūras paaugstināšanos krietni zem 2°C virs pirmindustriālā līmeņa. Katra parakstītājvalsts strādā pie saskaņotajiem mērķiem. Piemēram, Zviedrija apņēmas kļūt oglekļa neitrāla (ar nulles emisijām) līdz 2045. gadam. Somija ir viena no Eiropas ambiciozākajām valstīm, plānojot sasniegt klimata neitralitāti līdz 2035. gadam. Gandrīz visa pasaule strādā, lai sasniegtu klimata neitralitāti līdz 2050. gadam; vienīgās valstis, kas nav parakstījušas Parīzes nolīgumu, ir Irāna, Lībija un Jemena.

ES Zaļais kurss

[Sākumā varam noskatīties izskaidrojošu video.](#)

Lai sasniegtu šādus svarīgus mērķus, ir nepieciešamas papildu stratēģijas un konkrēti plāni Eiropas, nacionālā un vietējā līmenī. Lai izveidotu kopīgu redzējumu, Eiropas Parlaments 2021. gadā apstiprināja ES Zaļo kursu, kas ir dokuments, kurā izklāstīts, kā sasniegt klimata neitralitāti līdz 2050. gadam. Tas ir ceļvedis, lai pārveidotu ES ekonomiku, ar darbībām, kas veicina efektīvāku resursu izmantošanu, pārejot uz tīru, cirkulāru ekonomiku, atjaunojot bioloģisko daudzveidību un samazinot piesārņojumu.

Zaļā kursa galvenie mērķi:

- **Klimata neitralitāte:** ES mērķis ir sasniegt neto nulles siltumnīcefekta gāzu emisijas līdz 2050. gadam. Tas nozīmē līdzsvarot emitēto siltumnīcefekta gāzu daudzumu ar to, kas tiek izvadīts no atmosfēras.
- **Tīra enerģija:** Plāns ietver stratēģiju ilgtspējīgākai enerģētikas nozarei, ar lielāku uzsvāru uz atjaunojamiem enerģijas avotiem un mērķi panākt energoefektivitāti.
- **Ilgspējīga rūpniecība:** ES plāno atbalstīt rūpniecību inovācijās un kļūt par globālajiem līderiem zaļajā ekonomikā. Tas ietver tīrāku tehnoloģiju un procesu veicināšanu.
- **Ēku renovācija:** ES mērķis ir uzlabot ēku energoefektivitāti un samazināt to oglekļa pēdu, izmantojot renovācijas un dizaina uzlabojumus.
- **Nulles piesārņojums:** Mērķis ir novērst un samazināt gaisa, ūdens un augsnes piesārņojumu, lai nodrošinātu vidi bez toksīniem.
- **Bioloģiskā daudzveidība:** ES plāno aizsargāt un atjaunot ekosistēmas un bioloģisko daudzveidību gan uz sauszemes, gan okeānā.

Cirkulārās ekonomikas rīcības plāns (CEAP) ir daļa no Eiropas Zaļā kursa. Tas plāno:

- Pāreju uz cirkulāru ekonomiku ilgtspējīgai izaugsmei.
- Samazināt spiedienu uz dabas resursiem un apturēt bioloģiskās daudzveidības zudumu.

Bioekonomikas ietekme uz sabiedrību un vidi

Bioekonomika un darba vietas

Bioekonomika ES rada vairāk nekā 17 miljonus darbavietu. Tā pārstāv 4,7% no ES IKP un 8,3% no tās darbaspēka. Tai ir pozitīva ietekme visā vērtību ķēdē, un tā sniedz labumu gan pilsētām, gan lauku rajoniem, piemēram:

- **Lauku atdzīvināšana:** Bioekonomika var stimulēt lauku ekonomiku, radot pieprasījumu pēc vietējiem bioloģiskajiem resursiem.
- **Ilgspējīga lauksaimniecība un mežsaimniecība:** Bioekonomikas prakses veicina ilgtspējīgu lauksaimniecību un mežsaimniecību, veicinot dabas resursu saglabāšanu un uzlabošanu lauku apvidos.
- **Kopienas spēcīgāšana:** Radot darba vietas un stimulējot ekonomisko darbību, bioekonomika var stiprināt lauku kopienas, samazinot lauku un pilsētu atšķirības.

Cirkulārā bioekonomika piedāvā ceļu uz izturību un tieši ietekmē klimata pārmaiņu palēnināšanos, kas ietekmē mūsu drošību un veselību.

Bet kas to veidos, un kā mazie lauksaimnieki var sniegt ieguldījumu? Protams, lielas investīcijas var tikt veiktas, ko mazie lauksaimniecības kopienas bieži nevar atļauties. Bet tas nav apturējis kopienas no ieguldījuma, piemēram, palielinot Eiropas daļu tīras atjaunojamās enerģijas ražošanā.

[Paskatieties, kā tas ir attīstījies Eiropā.](#)

Daudzi ir pievērsušies termiņam, kas pazīstams kā **enerģijas demokrātija**. Enerģijas demokrātija nozīmē, ka kopiena kopīgi investē kopīgas enerģijas ražošanas iekārtas izveidē, piemēram, kā kooperatīvs. Piemēram, lauksaimniecības kopiena, kas vēlas labāk izmantot savus atkritumus, var savākt resursus, lai izveidotu lielāku biogāzes rūpnīcu un tai būtu kopīga īpašumtiesība.

Klimata ieguvumi no biogāzes un bio-mēslu izmantošanas

Klimata ieguvums ir siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšana. Tādas darbības kā pāreja uz atjaunojamo enerģiju un mežu saglabāšana palīdz ierobežot globālo sasilšanu un mazināt klimata pārmaiņas.

Ekonomiskie ieguvumi:

- Zaļo tehnoloģiju un atjaunojamo enerģijas avotu attīstība rada jaunas darba vietas un stimulē ekonomikas izaugsmi.
- Atkarības samazināšana no dārgiem un kaitīgiem resursiem sniedz labumu gan videi, gan ekonomikai.
- Energoefektivitāte un klimata adaptācija var arī samazināt izmaksas, kas saistītas ar enerģijas patēriņu un infrastruktūru.

Sociālā labklājība:

Klimata ieguvumi ietekmē cilvēku veselību un dzīves kvalitāti.

- Siltumnīcefekta gāzu izraisītā gaisa piesārņojuma samazināšana mazina elpceļu slimības.
- Klimata adaptācija aizsargā neaizsargātās kopienas, palīdzot tām saglabāt iztikas avotus un palielināt kopienas izturību.

Izmaksu un ieguvumu līdzsvarošana:

Lai gan klimata pārmaiņu risināšana var būt dārga, ilgtermiņa ieguvumi rada ilgtspējīgāku un izturīgāku sabiedrību.

Vides ietekme, izmantojot biogāzi un mēslojumu

Norvēģiju var izmantot kā piemēru. Klimata ieguvums tiek izteikts procentos. Ieguldījumi biogāzē var dot klimata ieguvumu, kas pārsniedz 100 procentus (Pederstad, 2017).

Piemēra ilustrācija:

Iedomājieties transportlīdzekli, kas izmanto parasto benzīnu un izdala 100 tonnas CO₂ ekvivalentu. Ja mēs nomainām benzīnu pret biogāzi un samazinām emisijas par 100 tonnām CO₂ ekvivalentu, mēs sasniežam 100% klimata ieguvumu. Citiem vārdiem sakot, esam izslēguši vai samazinājuši siltumnīcefekta gāzu emisijas, kas līdzvērtīgas fosilo kurināmo izmantošanai.

Trīskāršs klimata ieguvums:

Biogāze ne tikai samazina emisijas, bet arī veicina:

- Barības vielu pārstrādi
- Kaitīgo siltumnīcefekta gāzu, piemēram, metāna, uztveršanu

Šie apvienotie efekti var nodrošināt vairāk nekā 200% klimata ieguvumu, salīdzinot ar parastajiem fosilajiem kurināmajiem (ES, 2018).

Iemesli augstam klimata ieguvumam:

Iedalīsim to četrās galvenajās daļās:

- **Fosilā enerģijas nesēja aizstāšana:** Biogāze novērš metāna emisijas un aizstāj fosilos kurināmos, samazinot CO₂ emisijas no degšanas (Pederstad, 2017).
- **CO₂ uzlabošana:** Biogāzes izcelsmes CO₂ aizstāj fosilās izcelsmes CO₂.
- **Biorafinēšanas atlikumi:** Biogāze var aizstāt minerālmēslus.
- **Atkritumu un kūstmēslu apstrāde:** Biogāzes rūpnīcām ir mazāka ietekme uz klimatu nekā alternatīvām apstrādes metodēm.

Pozitīvā ietekme, palielinot ražošanu:

Jo vairāk biogāzes mēs ražojam, jo lielāks klimata ieguvums. Norvēģija šobrīd ražo biogāzi, kas ir līdzvērtīga 0,7 TWh (Biogass Oslofjord og Biogass Norge, 2023). Ražojot 2,8 TWh biogāzes, varētu potenciāli samazināt CO₂ emisijas par aptuveni 552,000 tonnām gadā (aizstājot dabasgāzi) vai 716,000 tonnām (aizstājot dīzeļdegvielu) (Lyng & Berntsen, 2023). Tas veido 6 līdz 8 procentus no valsts emisijām no ceļu transporta, atkarībā no aizstātā kurināmā (Lyng & Berntsen, 2023).

1. Fosilās izcelsmes CO₂ aizstāšana ar bio-CO₂

Biogāzes uzlabošanas procesā iegūtais CO₂ var aizstāt fosilās izcelsmes CO₂, ko izmanto dažādās nozarēs. Šis bio-CO₂ var piedāvāt ilgtspējīgu alternatīvu, samazinot atkarību no rūpnieciskā CO₂, kas iegūts no fosilajiem kurināmajiem.

2. Biogāzes digestāts kā ilgtspējīgs mēslojums

Biogāzes digestāts, kas ir blakusprodukts biogāzes ražošanā, efektīvi pārstrādā barības vielas no organiskajiem atkritumiem, padarot to par videi draudzīgu alternatīvu ķīmiskajiem mēslojumiem. Ķīmisko mēslojumu ražošana ir energoietilpīga un balstīta uz fosilajiem kurināmajiem, kamēr biogāzes digestāts ne tikai samazina vides kaitējumu, bet arī palīdz samazināt slāpekļa oksīda emisijas. Turklāt biogāzes digestāts bagātina augsni ar organisko oglekli, uzlabojot augsnes kvalitāti un veicinot ilgtermiņa oglekļa sekvestrāciju.

3. Atkritumu un kūstmēslu izmantošana biogāzes rūpnīcās

Norvēģijā kūstmēslu apsaimniekošana ir būtisks emisiju avots. Mājlopu kūstmēslu apstrāde biogāzes rūpnīcās palīdz samazināt šīs emisijas, saīsinot uzglabāšanas laiku, kas samazina metāna un slāpekļa oksīda emisijas. Izmantojot kūstmēslus biogāzes ražošanai, Norvēģija var sasniegt ievērojamu siltumnīcefekta gāzu emisiju samazinājumu — tiek lēsts, ka līdz 2030. gadam samazinājums varētu sasniegt 55,000 tonnas CO₂ ekvivalentu un līdz 2050. gadam 155,000 tonnas (Lyng & Berntsen, 2023).

4. Biogāzes ražošanas optimizēšana klimata ietekmei

Lai pilnībā izmantotu biogāzes klimata priekšrocības, ir būtiski optimizēt ražošanu un izmantošanu. Neefektīva biogāzes pārstrāde, kur gāze tiek vienkārši sadedzināta bez enerģijas ieguves, ir potenciāla izšķērdēšana. Efektīva biogāzes ražošanas pārvaldība nodrošina maksimālu ieguldījumu klimata pārmaiņu apkarošanā, pilnībā izmantojot šo vērtīgo atjaunojamo resursu.

Turpmākās iespējas bioekonomikā

Olbaltumvielu iegūšana no zāles: ilgtspējīga alternatīva dzīvnieku barībai

1. Izaicinājums: ilgtspējīgu olbaltumvielu avotu atrašana

Sojas pupu milti ir plaši izmantoti olbaltumvielu avoti dzīvnieku barībā, taču liela atkarība no importētas sojas rada vides un ilgtspējības problēmas. Sojas audzēšana bieži izraisa mežu izciršanu, īpaši tropiskajos lietusmežos, un rada atkarību no ārvalstu piegādātājiem, radot riskus gan ekosistēmām, gan pārtikas drošībai.

2. Risinājums: zāles un āboliņa biorafinēšana

Lai risinātu šīs problēmas, pētnieki izstrādā procesu olbaltumvielu ieguvei no vietējiem resursiem, piemēram, zāles un āboliņa. Šie augi, kas novākti no laukiem vai speciāli audzēti āboliņi, piedāvā ilgtspējīgu alternatīvu. Lai gan neapstrādāta zāle satur lignīnu un celulozi, kas nav sagremojami dzīvniekiem ar vienkameru kuņģi (piemēram, cūkām un vistām), biorafinēšanas process padara to par dzīvotspējīgu barības iespēju.

3. Olbaltumvielu iegūšanas process

Process sākas ar zāles izspiešanu, lai iegūtu zāles sulu. Pēc tam šo sulu uzsilda, kas izraisa izšķīdušo olbaltumvielu sacietēšanu. Cietās olbaltumvielas tiek filtrētas, rezultātā iegūstot koncentrētu olbaltumvielu produktu. Šo zāles olbaltumvielu koncentrātu var izmantot kā ilgtspējīgu dzīvnieku barības sastāvdaļu.

4. Zāles olbaltumvielu priekšrocības

Zāles olbaltumvielu koncentrāts nodrošina ilgtspējīgu un vietēji iegūtu alternatīvu sojai dzīvnieku barībā, pieejamu gan mitrā, gan sausā formā. Izmantojot zāles olbaltumvielas, lauksaimnieki var samazināt atkarību no importētas sojas, samazināt savu ietekmi uz vidi un veicināt reģionālo pašpietiekamību, kas sekmē ilgtspējīgāku un izturīgāku lauksaimniecības sistēmu.

Lauksaimniecības atkritumi kā resurss

Lauksaimniecības atkritumi, kas bieži tiek uzskatīti par iznīcināšanas problēmu, var būt vērtīgs resurss. Tādas kultūraugu atliekas kā salmi, čaumalas un stieбри ir bagāti ar celulozi — sarežģītu ogļhidrātu, kas veido augu šūnu sieniņu strukturālo komponentu. Šīs atliekas var apstrādāt, lai iegūtu celulozes šķiedras.

Šķiedru iegūšana

Šķiedru iegūšanas process no lauksaimniecības atkritumiem ietver vairākus soļus. Vispirms atkritumi tiek savākti un attīrīti. Pēc tam tiem tiek veikta virkne mehānisku un ķīmisku apstrāžu, lai atdalītu celulozes šķiedras no citiem komponentiem, piemēram, lignīna un hemicelulozes. Iegūtās celulozes šķiedras var izmantot dažādās jomās, tostarp papīra, tekstilizstrādājumu un biokompozītu ražošanā.

Bioplastmasas ražošana

Bioplastmasu var ražot arī no lauksaimniecības atkritumiem. Ciete, kas ir bieži sastopama sastāvdaļa daudzos lauksaimniecības atkritumos, var tikt iegūta un apstrādāta, lai ražotu bioloģiski noārdāmas plastmasas izstrādājumus. Tas ietver cietes apstrādi ar plastifikatoriem un citiem piedevām, pēc tam

tās sildīšanu un formēšanu vēlamajā formā. Iegūtā bioplastmasa ir ne tikai bioloģiski noārdāma, bet tai ir arī ievērojami mazāka oglekļa pēda, salīdzinot ar tradicionālo plastmasu.

Lauksaimniecības atkritumi kā vērtīgu savienojumu avots

Lauksaimniecības atkritumi satur vērtīgus savienojumus. Dažādi lauksaimniecības atkritumi, piemēram, augļu mizas, sēklu čaumalas un kultūraugu atliekas, satur bioaktīvas vielas, kurām ir potenciāls pielietojums farmācijas un uztura bagātinātāju produktos.

Farmaceutisko sastāvdaļu iegūšana

Farmaceutisko sastāvdaļu iegūšana no lauksaimniecības atkritumiem ietver vairākus soļus. Vispirms atkritumi tiek savākti un attīrīti. Pēc tam tiem tiek veikta ekstrakcijas procesu virkne, kas var atšķirties atkarībā no mērķa savienojuma. Šie procesi var ietvert šķīdinātāju ekstrakciju, tvaika destilāciju vai superkritiskā šķidrums ekstrakciju. Iegūtie savienojumi pēc tam tiek attīrīti un izmantoti farmaceitisko produktu formulēšanā.

Uztura bagātinātāju sastāvdaļu iegūšana

Līdzīgi uztura bagātinātāju sastāvdaļas var iegūt no lauksaimniecības atkritumiem. Uztura bagātinātāji, kas ir no pārtikas iegūtas vielas, kas sniedz veselības ieguvumus, var ietvert antioksidantus, uztura šķiedras un probiotikas. Daudzi no tiem ir atrodami lauksaimniecības atkritumos. Piemēram, augļu mizas un sēklas bieži ir bagātas ar antioksidantiem, savukārt kultūraugu atliekas var būt uztura šķiedru avots.

Atsauces saraksts

Bernatek R. E., and Kaland, T. (12. January 2023) Alkohol (kjemi) Collected from: https://snl.no/alkohol - kjemi (In Norwegian) [Online Resource]
Biogass Oslofjord og Biogass Norge, (2023) Statistikk. Collected at: https://biogassnorge.no/statistikk (In Norwegian) [Online Resource]
Blytt, L.D., Brod, E., Øgaard, A.F., Johannessen, E., Estevez, E.M.E and Paulsrud, B. (2017) bedre utnyttelse av fosfor, Published by Miljødirektoratet report no. M-848, 2017. Collected from https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M846/M846.pdf , (In Norwegian) [Online Resource]
EasyMining (10. September 2023). ASH2™PHOS. Collected at https://www.easymining.com/technologies/ash2phos2/ash2phos/ [Online Resource]
EU - European parliament (2018) Reducing carbon emissions: EU targets and policies. Collected at : https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20180305STO99003/reducing-carbon-emissions-eu-targets-and-policies [Online Resource]
Fornybarklyngen, 2020
Fredi G. and Dorigato A., (2021) Recycling of bioplastic waste: A review. Advanced Industrial and Engineering Polymer Research, Volume 4, Issue 3, July 2021, Pages 159-177 (In English)
Hannah Ritchie and Max Roser (2021) - "Fish and Overfishing" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: https://ourworldindata.org/fish-and-overfishing [Online Resource]
Hofstad, K (29. Desember 2020): gassifisering i Store norske leksikon på snl.no. Collected 17. September 2024 fra https://snl.no/gassifisering (In Norwegian) [Online Resource]
Jære, L. (5. October 2017) This ingenious approach not only binds CO2, but also improves the soil. Collected from : https://www.sintef.no/en/latest-news/2017/this-ingenious-approach-not-only-binds-co2-but-also-improves-the-soil/ (In Norwegian) [Online Resource]
<i>Latvia University of Life Sciences and Technologies (2020). Climate friendly agriculture practice in Latvia - Separation of liquid manure and digestate. Report online:</i> https://www.lbtu.lv/sites/default/files/files/lapas/09-Skidro-kutsmeslu-separesana-ENG.pdf [Online Resource]
Lyng K-A., and Berntsen I.C. (2023) Mulighetsrommet for produksjon av biogass i Norge Potensialstudie av aktuelle råstoff, nye teknologier og klimanytte, Norsus report.No OR 06.23 ISBN no: 978-82-7520-911-3 ISSN no: 2703-8610 (in Norwegian) [Online Resource]
Miljødirektoratet, (2022): Klimakur 2030, report M-1625-2020 (The Norwegian Environment Agency) (in Norwegian) [Online Resource]
O'toole, A. and Grønlund, A. (2012) Produksjon av 2. generasjons- biodrivstoff via termokjemiske prosesser - Kunnskapsstatus, kostnader, og potensial for klimagassreduksjon i Norge (in Norwegian) Bioforsk rapport vol 7(112) 2012 (In Norwegian) [Online Resource]

Olsen & Torrissen (04. January 2023) Hva ligger bak begrepet «sirkulærøkonomi»? , Dagsavisen Collected at www.dagsavisen.no/demokraten/debatt/2023/01/04/hva-ligger-bak-begrepet-sirkulaer-biookonomi/
Opdal, O. A., & Hojem, J. F. (2007). Biofuels in ships: A project report and feasibility study into the use of biofuels in the Norwegian domestic fleet. ZERO report, 18.
Pederstad A. (2017) Bærekraft og klimagassreduksjoner for norskprodusert biogass. Kunnskapsgrunnlag og anbefalinger til innkjøpere. Avfall Norge report 11/2017, ISBN 82-8035-035-7 . (In Norwegian) [Online Resource]
Pommeresche, R. (16. April 2018) Biokull - status for forskning og utprøving i Norge, Collected at: https://www.agropub.no/fagartikler/biokull-status-for-forskning-og-utproving-i-norge , In Norwegian [Online Resource]
Rasaq S. Abolore, Swarna Jaiswal, Amit K. Jaiswal, (2024): Green and sustainable pretreatment methods for cellulose extraction from lignocellulosic biomass and its applications: A review, Carbohydrate Polymer Technologies and Applications, Volume 7, 2024, www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666893923001172 [Online Resource]
Reis, T., zu Ermgassen, E., & Pereira, O. (2023). Brazilian beef exports and deforestation. Trase. https://doi.org/10.48650/FTSC-RG72 In English [Online Resource]
Spilling, A. J. (19. August 2016) Husdyrgjødsel + fiskeslam = biogass. Collected from web site https://www.nibio.no/nyheter/husdyrgjodsel-fiskeslam--biogass (In Norwegian) [Online Resource]
Stegmann, P., Londo, M. and Junginger, M. (2020). The circular bioeconomy: Its elements and role in European bioeconomy clusters, Resources, Conservation & Recycling: X. Volume 6, 2020, https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100029 (In English)
Mishra. S. and Upadhyay, R. K, (2021) Review on biomass gasification: Gasifiers, gasifying mediums, and operational parameters, Materials Science for Energy Technologies, Volume 4, 2021, thermochemical conversion
Universitetet I Oslo (11. April 2023) Pyrolyse. Collected from the web site. Published 26 February 2022, revised 11 April 2023 https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/pyrolyse.html In Norwegian [Online Resource]

Paldies