



VPP

Valsts pētījumu
programma

Energētika

Latvijas atjaunojamo energoresursu ražošanas
un izmantošanas ekonomiskā potenciāla
novērtējums un politikas rekomendāciju izstrāde,
VPP-EM-2018/AER_1_0001

*Atskaite par atjaunojamo energoresursu un vietējo
resursu, energoavotu un slodžu kartēšanu un to potenciāla
literatūras analīzi*

Pētījumu finansē Latvijas Republikas Ekonomikas Ministrija, Latvijas atjaunojamo energoresursu ražošanas un izmantošanas ekonomiskā potenciāla novērtējums un politikas rekomendāciju izstrāde, projekta Nr. VPP-EM-2018/AER_1_0001

Atskaite par atjaunojamo energoresursu un vietējo resursu, energoavotu un slodžu kartēšanu un to potenciāla literatūras analīzi, 2020, 254 lpp.

Izstrādāja

Rīgas Tehniskās universitātes Vides aizsardzības un siltuma sistēmu institūts

Autori:

Andra Blumberga, Dr.sc.ing.

Dagnija Blumberga, Dr.habil.sc.ing

Ivars Veidenbergs, Dr.habil.sc.ing.

Dzintars Jaunzems, Dr.sc.ing.

Silvija Nora Kalniņš, Dr.sc.ing.

Sarma Valtere, Dr.chem.

Ruta Vanaga, Dr.sc.ing.

Karīna Suharevska, M.sc.ing.

Linda Ieviņa, M.sc.env.

Dzintra Slišāne, M.sc.ing.



SATURS

levads	10
1. Izvērtējuma metožu apraksts, atjaunojamo energoresursu izvietojums un novērtējums	11
1.1. Atjaunojamo energoresursu ekonomiskā potenciāla novērtēšanas metodes un to pielietojums	11
1.1. Enerģijas ekonomiskā potenciāla novērtēšanas metodes	12
1.1.1. Izlīdzinātās elektroenerģijas izmaksas (LCOE) un to izmantošana	12
1.1.2. LCOE aprēķināšanas metodika	13
1.1.3. Multikritēriju analīzes metožu pielietojums atjaunojamo energoresursu potenciāla novērtēšanā	14
1.1.4. Multikritēriju lēmumu pieņemšanas metodes. Īss apraksts	15
Analītiskās hierarhijas process (AHP) un analītiskā tīkla process (ANP)	15
ELEKTRE (ELimination and Choice Expressing REality) metode	17
PROMETEE metode	17
TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) metode	18
VIKTOR metode	19
Svērtās summas metode (WSM)	19
Jauktu un hibrīd MCDM metožu pielietojums	19
1.1.5. Piemērotas multikritēriju lēmumu pieņemšanas metodes (MCDM) izvēle	20
1.2. Atjaunojamo energoresursu ekonomiskā potenciāla novērtēšana pasaulē	21
1.2.1. Eiropa	21
1.2.2. Amerikas Savienotās Valstis	23
2. Energoavotu telpiskais raksturojums	23
2.1. Katlumājas	23
2.2. Koģenerācijas stacijas	26
2.3. Hidroelektrostacijas	31
2.4. Citi energoavoti	32
2.4.1. Vēja elektrostacijas	32
2.4.2. Saules paneļu sistēmas	32
2.5. Saražotā siltumenerģija	33
3. Atjaunojamās enerģijas potenciāls Latvijā	34
3.1. Atjaunojamo un vietējo energoresursu izplatība	34
3.2. Vēja enerģijas resursi	34
3.3. Saules enerģijas resursi	35
3.4. Biomasas resursi	37
3.4.1. Notekūdeņu dūņas	37
3.4.2. Kūtsmēsli	39
3.4.3. Salmi	40
3.4.4. Nekvalitatīvā koksne	42
3.5. Kūdra	43
3.6. Atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas Latvijā	44
3.6.1. Enerģija no biomasas	44
3.6.2. Hidroenerģija	45
3.6.3. Vēja enerģija	46
3.6.4. Saules enerģija	49
1.4. Secinājumi	50

izmantotā literatūra.....	51
2. Energoresursu izvērtējums ekonomisko sektoru griezumā	55
2.1. Atjaunojamās enerģijas izmantošanas iespējas lauksaimniecības sektorā	55
2.1.1. Viedā lauksaimniecība	56
2.1.1.1. Viedās lauksaimniecības monitoringi izmantojot lietu internetu (IoT).....	56
2.1.1.2. Precīzā lauksaimniecība	57
2.1.1.3. Viedās lauksaimniecības monitoringi izmantojot lietu internetu lauku teritorijās .	57
2.1.2. Saules enerģijas izmantošanas iespējas lauksaimniecības sektorā	58
2.1.2.1. Saules fotoelektrisko paneļu (PV) izmantošana lauksaimniecībā	58
PV paneļu izmantošana augsnes attīrīšanā	58
PV-EKSR – metode piesārņotas augsnes attīrīšanai	58
2.1.2.2. Atjaunojamo bateriju koncepts un enerģijas uzglabāšanas iespējas lauksaimniecības atkritumus pārveidojot bioogļēs izmantojot berzes pirolīzi.....	59
2.1.2.3. Saules enerģijas sistēmas lauksaimniecības izejvielu vai produktu žāvēšanai	60
Tiešās un netiešās žāvēšanas sistēmas.....	61
Hibrīdās žāvēšanas sistēmas	61
Fāžu maiņu materiāli, ko izmanto produktu žāvēšanā	63
Dažādu žāvēšanas metožu ietekme uz lauksaimniecības produktu kvalitāti	63
2.1.2.4. Saules enerģijas izmantošanas iespējas siltumnīcās	63
2.1.2.5. Saules enerģijas izmantošanas iespējas apūdeņošanas sistēmās.....	64
2.1.3. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas lauksaimniecībā	65
2.1.3.1. Kombinētās sistēmas. Biomas kopā ar vēja enerģiju izmantošanas iespējas	65
Vēja ģeneratoru izmantošana kopā ar biomasas enerģiju	65
Vēja enerģijas izmantošana ūdens sūkņēšanas sistēmās	66
2.1.3.2. Augsnes elektroķīmiskās attīrīšanas iespējas kā enerģijas avotu izmantojot vēja enerģiju	66
2.1.4. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas lauksaimniecībā	66
2.1.4.1. Lauksaimniecības produktu žāvēšana izmantojot ģeotermālo enerģiju	66
Produktu žāvēšana ar kaskādes tipa ģeotermālo enerģiju	66
2.1.4.2. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas akvakultūrā	66
2.1.5. Biomasas izmantošanas iespējas lauksaimniecības sektorā.....	67
2.1.5.1. Lauksaimniecības atlikumu izmantošanas metodes un tehnoloģijas (termoķīmiskā pārveidošana, bioķīmiskā pārveidošana, sintēzes gāze)	67
Lauksaimniecības atlikumu biomasas pārveides tehnoloģijas	67
Lauksaimniecības atlikumu pārveidošana sintēzes gāzē	68
2.1.5.2. Lauksaimniecības atlikumu izmantošana enerģijas ieguvē.....	69
2.1.5.3. Lauksaimniecības atlikumu izmantošana elektroenerģijas un siltumapgādes nodrošināšanā (CHP – koģenerācijas iekārtās)	70
2.1.5.4. Salmu izmantošana enerģijas ieguvei.....	71
2.1.5.5. Labības atlikumu izmantošana siltumapgādē un elektroenerģijas ražošanā ...	71
2.1.5.6. Biogāzes ražošana un digestāta ieguve	72
2.1.5.7. Bioetānola ražošanas procesā iegūto blakus produktu izmantošana.....	72
2.1.5.8. Augstas kvalitātes biogāzes un biometāna ieguves iespējas, izmantojot lauksaimniecības atlikumus.....	72
2.1.5.9. Lauksaimniecības atlikumu izmantošana biometāna ieguvei.....	74
2.1.5.10. Biometāna izmantošana	75
2.1.5.11. Biometāna ieguves iespējas ar augstu metāna saturu.....	75
2.1.5.12. Lauksaimniecības atlikumu pārstrāde Latvijā	75
Lauksaimniecības atlikumu pārstrāde Latvijā politikas plānošanas dokumentu ietvarā	75

2.1.6. AER mērķu novērtēšana Latvijas lauksaimniecības nozares politikas plānošanā ..	77
2.1.7. Lauksaimniecības atlikumu izmantošanas iespēju analīze	80
2.1.7.1. Lauksaimniecības atlikumu utilizācijas iespēju izvēle	80
Kritēriju izvēle	80
Kritēriju svara noteikšana ar AHP	81
Produktu novērtējums izmantojot TOPSIS daudzkritēriju analīzi	82
Jutības analīze	84
AER izmantošanas iespēju analīzes rezultāti	84
2.1.8. Secinājumi	89
Izmantotā literatūra	90
2.2. Atjaunojamās enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecības sektorā	93
2.2.1. Saules enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā	93
2.2.1.1. Saules enerģijas rūpnieciskās sistēmas	94
Saules kolektori	94
2.2.1.2. Saules enerģijas izmantošana karstā ūdens nodrošināšanai rūpniecības sektorā	95
2.2.1.3. Saules enerģijas izmantošanas iespēju un potenciāla globālais raksturojums	95
2.2.1.3. Saules enerģijas faktiskā izmantošana dažādās rūpniecības nozarēs	97
Mehānisko transportlīdzekļu rūpniecība	97
Alus darītavas	98
Pārtikas rūpniecība	98
Tītaru pārstrādes rūpnīca	98
Siera ražošana	98
Piena pārstrāde	98
Papīra ražošana	99
Farmācijas industrija	99
Tekstilizstrādājumu rūpniecība	99
Minerālu pārstrāde	101
Ķīmijas rūpniecība	101
Metālapstrāde	101
Tabakas ražošana	102
Eļļas, dabasgāzes ekspluatācijas rūpniecība	102
Citas nozares	102
Notekūdeņu dūņu žāvēšana	103
2.2.2. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā	103
2.2.3. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā	104
2.2.4. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā	104
2.2.5. Biomasas enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā	105
2.2.5.1. Cietā biomasa	106
2.2.5.2. Biomasas termiskā pārveide	106
Papīra un celulozes ražošana	106
Kokapstrāde	107
Cementa ražošana	107
Pārtikas un dzērienu rūpniecība	107
Ķīmijas un naftas ķīmijas rūpniecība	108
Dzelzs un tērauda ražošana	108
2.2.5.3. Torificētas biomasas izmantošanas iespējas	108
Torificētas biomasas enerģijas izmantošanas iespējas dažādās rūpniecības nozarēs	109
Dzelzs un tērauda rūpniecība	109

Papīra ražošana	109
Stikla, keramikas, cementa rūpniecības sektors	109
Kīmijas un naftas ķīmiskā rūpniecība	110
Citas nozares.....	110
2.2.5.4. Biometāna izmantošanas iespējas rūpniecības sektorā	110
2.2.6. Rūpniecības uzņēmumu attieksme pret atjaunojamajiem energoresursiem	111
2.2.7. Metodoloģija	111
2.2.7.1. Aptauja ražošanas uzņēmumiem.....	111
2.2.7.2. Atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīze	113
2.2.7.3. Tehniskie kritēriji	113
2.2.7.4. Ekonomiskie kritēriji	114
2.2.7.5. Vides kritēriji	115
2.2.7.6. Sociālie kritēriji.....	115
2.2.7.7. Hierarhijas ietvars	116
Pāru salīdzinājums un konsekvences aprēķins	116
Kvantitatīvo kritēriju pārveidošana pāru salīdzināšanas skalā	118
2.2.8. Politikas ieteikumi	119
2.2.9. Rezultāti un diskusija	120
2.2.9.1. Ražošanas uzņēmumu aptauju rezultāti	120
2.2.9.2. Analītiskās hierarhijas procesa rezultāti	124
Galveno kritēriji un apakškritēriju pāru salīdzināšanas rezultāti	124
2.2.9.3. Atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas elektroenerģijas ražošanai - rezultātu ranžēšana	127
2.2.9.4. Atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas siltumenerģijas ražošanai - rezultātu ranžēšana	129
2.2.9.5. Jūtīguma analīze	130
2.2.10. Politikas ieteikumi	131
2.2.10.1. Izmaiņas likumdošanā	131
2.2.10.2. Fiskālie instrumenti	132
2.2.10.3. Informatīvie instrumenti.....	132
2.2.10.4. Valsts iestādes kā paraugs	133
2.2.10.5. Citi instrumenti	134
2.2.10.6. Politikas ieteikumu prioritāšu noteikšana	135
2.2.11. Secinājumi un ieteikumi	135
Izmantotā literatūra	137
2.3. Atjaunojamās enerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā	140
2.3.1. Atjaunojamās enerģijas iekļaušana pakalpojumu sektora konkrētās nozarēs ..	140
2.3.2. Atsevišķu pakalpojuma nozaru raksturojums.....	140
2.3.2.1. Tūrisms	140
2.3.2.2. Viesnīcu nozare	140
2.3.2.3. Sabiedriskās ēdināšanas nozare	141
2.3.3. Saules enerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā	141
2.3.3.1. Saules paneļu un saules kolektoru izmantošanas iespējas	142
Tūrisma nozare.....	142
2.3.3.2. Viedais grafiks un saules enerģijas PV paneļu izmantošana	147
2.3.3.3. Koncentrētas saules siltuma sistēmas	148
2.3.3.4. Ofisu pakalpojumi	148
2.3.3.5. Enerģijas atgūšanas iespējas no notekūdeņiem.....	149
2.3.4. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā	149

2.3.4.1. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas tūrisma jomā.....	149
2.3.5. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā.....	149
2.3.5.1. Tūrisma nozare.....	149
2.3.5.2. Termālie baseini.....	150
2.3.5.3. Termālo avotu izmantošanas iespējas.....	150
2.3.5.4. Peldbaseini.....	151
2.3.5.5. Ģeotermālās enerģijas izmantošana dzesēšanas procesos.....	152
2.3.6. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā.....	152
2.3.6.1. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas.....	152
2.3.6.2. Enerģijas atgūšana no notekūdeņiem.....	152
2.3.6.3. Maza mēroga hidroelektrostacijas.....	152
2.3.7. Biomasas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā.....	153
2.3.7.1. Ēdināšanas sektors.....	153
2.3.7.2. Biometāna ieguve.....	153
2.3.7.3. Notekūdeņu apsaimniekošanas pakalpojumi.....	154
Izmantotā literatūra.....	155
2.4. Atjaunojamās enerģijas izmantošanas iespējas mājsaimniecības sektorā.....	158
2.4.1. Viedās sistēmas.....	158
2.4.1.1. Viedie skaitītāji.....	158
2.4.2. Ražojošais patērētājs.....	159
2.4.3. Saules enerģijas izmantošana mājsaimniecībās.....	159
2.4.3.1. Elektroenerģijas ražošana mājsaimniecībās izmantojot saules enerģijas tehnoloģijas.....	160
2.4.3.2. Siltumenerģijas ražošana izmantojot saules enerģiju.....	160
Brazīlija.....	162
2.4.3.3. Nulles enerģopatēriņa ēkas.....	162
2.4.4. Vēja enerģijas integrācija mājsaimniecībās.....	162
2.4.4.1. Vēja enerģijas izmantošana ārpus pilsētu mājsaimniecībās.....	163
2.4.4.2. Saules un vēja hibrīdsistēmas.....	163
2.4.5. Ģeotermālās enerģijas izmantošana.....	164
2.4.5.1. Siltumsūkņi kombinācijā ar citiem AER veidiem.....	167
2.4.6. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas mājsaimniecības sektorā.....	167
2.4.6.1. Mazās hidroelektrostacijas.....	167
2.4.6.2. PHP hidroelektrostacijas iekārtas.....	168
2.4.6.3. PHP iekārtu priekšrocības.....	168
2.4.7. Biomasas izmantošanas iespējas mājsaimniecības sektorā.....	169
2.4.7.1. Biomasas atlikumu izmantošana.....	169
2.4.7.2. Tehnoloģijas, kuras iespējams izmantot, lai samazinātu negatīvās ietekmes izmantojot cieto biomasu.....	170
2.4.7.3. Biomasas sadedzināšana.....	171
2.4.7.4. Gāzveida kurināmā ražošana izmantojot biomasu.....	172
Izmantotā literatūra.....	174
2.5. Atjaunojamās enerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā.....	176
2.5.1. Ūdeņradis.....	176
2.5.2. Elektroenerģija.....	176
2.5.3. Biodeģviela.....	177
2.5.4. Saules enerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā.....	178
2.5.4.1. Saules ceļi.....	178
2.5.4.2. Elektriskie transportlīdzekļi.....	178
2.5.4.3. Ūdeņradis.....	179

2.5.5. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā	180
2.5.5.1. Vējš – ūdeņradis	180
2.5.5.2. Apkopojums par ūdeņraža izmantošanas priekšrocībām.....	181
2.5.5.3. Trūkumi un risinājumi, kas saistās ar ūdeņraža izmantošanu	181
2.5.5.4. Protonu apmaiņas membrānas elektrolizators ūdeņraža ieguvei	182
2.5.6. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā	182
2.5.6.1. Ūdeņraža ražošana izmantojot hidroenerģijas resursus	182
2.5.7. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā	183
2.5.8. Biomasas izmantošanas iespējas transporta sektorā	183
2.5.8.1. Biodeģivielas izmantošanas iespējas transporta sektorā.....	184
2.5.8.2. Biodeģivielas izmantošanas atbalsta veicināšana	184
2.5.8.3. Ūdeņradis kā alternatīva biomasas resursu nepieciešamības samazināšanai	184
2.5.8.4. Biogāzes un biometāna izmantošanas iespējas transporta sektorā.....	184
2.5.8.5. Biometāna izmantošanas iespējas transporta sektorā.....	185
2.5.8.6. Metāna saturs paaugstināšanas iespējas biometānā	185
2.5.8.7. Lignocelulozes biomasas pirmapstrāde metāna saturs palielināšanai biogāzē ...	185
Mehāniskās pirmapstrādes metodes	185
Pirmapstrādes metodes izmantojot apstarošanu	186
Ķīmiskās pirmapstrādes metodes.....	186
Fīkāli ķīmiskās pirmapstrādes metodes	187
Bioloģiskās pirmapstrādes metodes	187
legūtās biogāzes pēcapstrāde ar mērķi iegūt biometānam atbilstošu metāna saturu.	188
Izmantotā literatūra	189
2.6. Sektoru atjaunojamo enerģijas avotu lietojuma salīdzinājums	191
2.6.1. Kopīgais, tehnoloģiju attīstības ātrums, priekšrocības un trūkumi atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanā	191
2.6.2. AER vērtēšanas matrica un kritēriju izvēle.....	232
2.6.3. Atjaunojamo enerģijas avotu ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums būtiskākajos tautsaimniecības sektoros	238
2.6.3.1. Metodoloģiskā ietvara apraksts	238
2.6.3.2. Rūpniecības sektors	240
2.6.3.3. Pakalpojumu sektors	241
2.6.3.4. Lauksaimniecības sektors.....	243
2.6.3.5. Mājsaimniecības sektors.....	245
2.6.3.6. Transporta sektors	247
2.6.3.7. AER veidu attīstības potenciāla salīdzinājums starp sektoriem	248
2.6.4. Secinājumi	250
Pielikumi.....	251

IEVADS

Projekta "Latvijas atjaunojamo energoresursu ražošanas un izmantošanas ekonomiskā potenciāla novērtējums un politikas rekomendāciju izstrāde" izpildes pirmajā posmā ir veikta literatūras analīze par energoresursu ekonomiskā potenciāla novērtēšanu un veikta energoavotu, slodžu un saražotās enerģijas kartēšana, kā arī novērtēts atjaunojamo energoresursu potenciāls no tehnoloģiju attīstības un izmaksu viedokļa. Projekta izpildes otrajā un trešajā posmā rezultāti papildināti ar analīzi par dažāda veida atjaunojamo energoresursu telpisko izplatību, kā arī ar apskatu par atjaunojamo energoresursu izmantošanas iespējām dažādu tautsaimniecības sektoru griezumā.

1. IZVĒRTĒJUMA METOŽU APRAKSTS, ATJAUNOJAMO ENERGORESURSU IZVIETOJUMS UN NOVĒRTĒJUMS

Atskaites pirmajā nodaļā sniegts literatūras analīzes apskats par atjaunojamo un vietējo energoresursu ekonomiskā potenciāla novērtēšanu, kas sniedz iespēju izvēlēties piemērotākās metodes potenciāla novērtēšanai Latvijā.

Lai varētu novērtēt atjaunojamo energoresursu ražošanas un izmantošanas ekonomisko potenciālu, ir būtiski apzināt atjaunojamo energoresursu un energoavotu esošo attīstības līmeni. Ņemot vērā, ka atjaunojamo energoresursu izmantošanas iespējas ir lielā mērā atkarīgas no novietojuma, ir svarīgi izmantot telpisku pieeju. Līdz ar to otrajā nodaļā, izmantojot telpisku pieeju, sniegts apskats par energoavotiem, tajos patērēto kurināmo un saražoto enerģiju.

Lai tālāk novērtētu dažādu atjaunojamās enerģijas veidu attīstības iespējas, ir veikta telpiska analīze par atjaunojamo energoresursu pieejamību statistisko reģionu līmenī un pašvaldību līmenī, kā arī sniegts apskats par atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju attīstības līmeni un izmaksām, kas skatāms trešajā nodaļā.

1.1. Atjaunojamo energoresursu ekonomiskā potenciāla novērtēšanas metodes un to pielietojums

Jautājums par atjaunojamo energoresursu (turpmāk tekstā – AER) ekonomisko izdevīgumu ir aktuāls jau vairākus gadus. Laika gaitā tehnoloģijas ir ievērojami attīstījušās un ir radušās jaunas, daudzveidīgas iespējas enerģijas ražošanai no AER. Sabiedrībā pastāv uzskats, ka AER ir ekonomiski neizdevīgi enerģijas ražošanai. Šobrīd AER arvien vairāk konkurē ar fosilo kurināmo, un, lai arī zinātnieki izceļ ieguvumus, ko AER sniedz vides kvalitātes uzturēšanas un uzlabošanas jomā, fosilajiem resursiem bieži tiek dota priekšroka, jo mūsdienu tirgus apstākļos fosilo resursu izmantošana lielākoties ir ekonomiski izdevīgāks variants. Tomēr, īstenojot uz AER tehnoloģiju attīstību un AER izmantošanu vērstu atbalsta politiku, iespējams AER ražošanu un izmantošanu padarīt ekonomiski izdevīgāku. Šajā sakarā ir būtiski apzināt metodes energoresursu ekonomiskā potenciāla novērtēšanai.

Pastāv dažādi kritēriji produktu ekonomiskā potenciāla novērtēšanai. Plaši tiek izmantoti tādi kritēriji kā nepieciešamās investīcijas, pieprasījums, kā arī neto un bruto peļņa attiecībā pret ražošanas izmaksām. Par galveno jautājumu saistībā ar preces vai pakalpojuma ekonomisko potenciālu var uzskatīt: vai ražotājs būs ieinteresēts un spēs saražot precī vai pakalpojumu par tādu cenu un tādā apjomā, lai patērētājs būtu ieinteresēts iegādāties konkrēto precī vai pakalpojumu par konkrēto cenu atbilstošā apjomā?

Ekonomiskā potenciāla novērtēšanā ir būtiski ņemt vērā enerģētikas sektora nozares specifiku. Enerģētikas sektors būtiski atšķiras no citām ekonomikas nozarēm ar to, ka tas ir izteikti centralizēts, bieži vienotā sistēmā apvienojot enerģijas piegādātājus un patērētājus ar dažādām interesēm. Arī lēmumu pieņemšanā vairāk nekā citos sektoros iesaistās valsts. To apliecina arī Latvijas Enerģētikas ilgtermiņa stratēģijā definētā valsts loma enerģētikas politikā (Enerģētikas stratēģija 2030 (projekts), 2013).

Jau 1995.gadā ASV tika publicēta rokasgrāmata energoefektivitātes un atjaunojamo energoresursu ekonomiskā novērtējuma veikšanai ar mērķi palīdzēt noteikt piemērotāko analīzes metodi, apskatāmo mērogu un detalizācijas līmeni (Walter Short, 1995). Tajā tiek uzsvērts, ka nozīmīgi ir izvēlēties vai piemērot novērtējuma metodi tā, lai tā palīdzētu efektīvi īstenot analīzes mērķi, ņemot vērā datu pieejamību un citus konkrētajā situācijā būtiskus aspektus. Dažos gadījumos tas nozīmē izvēlēties mazāku detalizācijas pakāpi, kad nav pieejami precīzi un uzticami dati par atsevišķiem sistēmas aspektiem.

Energoapgādes sistēmām ir tendence kļūt arvien vairāk savstarpēji savienotām un kompleksām. Elektroenerģijas tīkli, siltumenerģijas ražošana un apgāde, transports, mājsaimniecību un ražošanas

sektori kļūst arvien kompleksāki, un arvien pieaug to savstarpējā sasaiste. Tas rada iespējas un izaicinājumus, kuriem nepieciešama pieeja no sistēmiskā skatupunkta (USA Department of Energy, 2015). Šādu sistēmisku pieeju izmanto, piemēram, D. Lauka, lai savā promocijas darbā aplūkotu atjaunojamo energoresursu ilgtspēju (Lauka, 2018). Šajā darbā D. Lauka izceļ 3 atjaunojamo energoresursu ekonomiskā novērtējuma komponentes: pieprasījuma analīzi, investīciju analīzi un atjaunojamo enerģijas avotu analīzi. Atjaunojamo enerģijas avotu analīze koncentrējas uz jautājumu, vai enerģijas potenciāls ir pietiekams pieprasījuma apmierināšanai/ekonomiskajam izdevīgumam. Savukārt ASV Enerģētikas departamenta Energoefektivitātes un atjaunojamās enerģijas departamenta valsts laboratorija 2016. gadā veiktajā pētījumā min 3 rādītājus atjaunojamo energoresursu ekonomiskā potenciāla novērtēšanai – neto ieņēmumi attiecībā pret izdevumiem visā dzīves ciklā, enerģijas ražošanas izmaksu attiecība pret noteiktu robežlielumu (piemēram izmaksām ražojot enerģiju izmantojot fosilos resursus), kā arī, izsakot atjaunojamo resursu ekonomisko potenciālu kā atjaunojamā energoresursa tehnoloģiskā potenciāla daļu, kurā minimālās elektroenerģijas ražošanas izmaksas ir zemākas par ieguvumu fosilās enerģijas un uzstādītās jaudas aizvietošanas rezultātā (Brown u.c., 2016). Pēdējais no tiem tiek izmantots, lai novērtētu vēja, saules (PV paneļi un koncentrētās saules elektrostacijas), ģeotermālās enerģijas (hidrotermālo resursu) un biomasas izmantošanas enerģijas ražošanai sadedzināšanas iekārtās ekonomisko potenciālu ASV. Citā ASV pētījumā izmantota pozitīva neto peļņa (NPV) kā galvenais kritērijs vēja enerģijas izmantošanai lokāli (pretstatā vēja izmantošanai elektroenerģijas ražošanai liela mēroga elektrosadales tīklam) (McCabe, Sigrin, Lantz, &Mooney, 2016).

1.1. Enerģijas ekonomiskā potenciāla novērtēšanas metodes

Lai uzņēmēji un investori būtu ieinteresēti ieguldīt līdzekļus AER projektos, nepieciešams parādīt, ka iespējas gūt labumu no projekta visā tā dzīves ciklā ir līdzvērtīgas vai lielākas par riskiem, kas saistās ar konkrēto projektu. Galvenais indikators, kas nosaka, vai radītais produkts ir ekonomiski izdevīgs ražotājam, ir gūtā peļņa. Skatoties no politikas veidotāju un sabiedrības perspektīvas, nozīmīga ir elektroenerģijas un siltumenerģijas gala cena patērētājam, kā arī AER izmantošanas ietekme uz ekonomiku kopumā – darbavietu radīšana vai samazināšanās, konkurence enerģijas tirgus ietvaros, energoapgādes sistēmas drošība. Gan ražotāja iespējas strādāt ar peļņu, nevis zaudējumiem, gan enerģijas gala cenu patērētājam raksturo izlīdzinātās svērtās elektroenerģijas izmaksas – LCOE (no angļu val. – *Levelized cost of energy/electricity*) (Brown, u.c., 2016). Atjaunojamo energoresursu ekonomiskajam novērtējumam vēsturiski tiek izmantotas arī multikritēriju analīzes metodes, piemēram, analītiskās hierarhijas process (AHP) un TOPSIS. Multikritēriju analīzes metožu izmantošana ļauj iekļaut un detalizētāk aplūkot kritērijus, kas nav iekļauti vai atsevišķi izdalīti LCOE analīzē, piemēram, ietekmi uz vietējo ekonomiku vai patērētāja izvēli par labu videi draudzīgai enerģijai. Multikritēriju analīzes metožu izmantošana var būt noderīga politikas veidotājiem, jo dod iespēju noteikt, kuri no kritērijiem ir ar augstāku prioritāti. Šajā gadījumā LCOE var tikt iekļauts kā viens no kritērijiem. Līdz ar to, skatoties no politikas veidotāju perspektīvas, noderīgi aplūkot AER sniegtās iespējas, izmantojot multikritēriju lēmumu pieņemšanas metodes un sistēmdinamikas pieeju.

1.1.1. Izlīdzinātās elektroenerģijas izmaksas (LCOE) un to izmantošana

Izlīdzinātās enerģijas/elektroenerģijas izmaksas ir viegli izmantojams atjaunojamo energoresursu ekonomiskā potenciāla rādītājs, kas ļauj savstarpēji salīdzināt dažādus energoresursus. LCOE ir plaši izmantots rādītājs, ko pielieto gan ASV (Brown u.c., 2016), (U.S. Energy Information Administration, 2018), gan Vācijā (Kost, Shammugamverena, Chhuyen-tran, &Schlegl, 2018). Šo rādītāju AER ekonomiskā potenciāla novērtējumam izmantojusi arī D. Lauka (D.Lauka, 2018) un tas ņemts par pamatu EIA (U.S. Energy Information Administration, 2018) ziņojumiem, kurus kā datu avotu izmanto gan politikas veidotāji, gan privātpersonas arī ārpus ASV robežām.

Savukārt veiktajā pētījumā autori no Kanādas izrāda piesardzību attiecībā pret LCOE (Stacy & Taylor, 2015), norādot, ka šī metode aplūko jaunās paaudzes energoresursus, bet neņem vērā

zaudējumus, kas radīsies slēdzot jau esošās enerģijas un siltuma stacijas pirms to ekonomiskā dzīves cikla beigām. Lai izvairītos no šī metodes “aklā punkta” tiek piedāvāta papildināta LCOE-E sistēma, kas vairāk piemērota šobrīd izmantoto resursu izlīdzināto enerģijas izmaksu aprēķinam.

Citu alternatīvu LCOE - LACE kritēriju 2013. gadā prezentēja C. Namovicz kā EIA izstrādātu jaunu metodi, kas būtu tuvāka enerģijas tirgus cenām un balstīta energoresursa vērtību sistēmā (Namovicz, 2013). Ar praktiskiem piemēriem par saules un vēja enerģiju C. Namovicz attēloja, ka LACE labāk integrē jaudas pieaugumu novērtējamā perioda laikā. Autors arī norāda, ka abi šie rādītāji var tikt izmantoti vienlaicīgi un situācija, kad energoavota LCOE - LACE norāda uz stabilu risinājumu, kad tehnoloģija ir sasniegusi pozitīvu neto tirgus vērtību.

Tabulā 1.1. apkopots LCOE un LACE kritēriju pielietojuma biežums pētījumos no 2015. gada līdz 2019. gada maijam. Lai nodrošinātu, ka apskatītie dati maksimāli precīzi sniedz ieskatu aplūkoto kritēriju izmantojuma biežumā pētījumos pēdējos 5 gados, ar minimālu novirzi no patiesības (Novirzes piemērs varētu būt, kad autors ar uzvārdu Lace publicējis ar ķīmiju saistītu rakstu par ogļūdeņražiem un meklētājs to atpazīst, kā meklēšanas nosacījumiem “LACE” AND “hydrocarbon energy” atbilstošu) ir izvēlēts aplūkot divas datu bāzes – *ScienceDirect* un *SCOPUS*.

Tabula 1.1.

LCOE un LACE kritēriju izmantojums pētnieciskajā literatūrā

Atjaunojamā energoresursa veids	Datubāze	LCOE	LACE	Izmantoti abi kritēriji
Vēja enerģija	<i>ScienceDirect</i>	1504	54	14
	<i>SCOPUS</i>	1327	138	15
Saule, PV	<i>ScienceDirect</i>	1187	15	8
	<i>SCOPUS</i>	1030	28	8
Ģeotermālā enerģija	<i>ScienceDirect</i>	423	19	6
	<i>SCOPUS</i>	354	22	8
Ogļūdeņraži ar tiem saistītās tehnoloģijas (arī enerģijas uzglabāšana)	<i>ScienceDirect</i>	108	-	0
	<i>SCOPUS</i>	85	-	0

Kā vērojams Tabulā 1.1, LCOE ir visbiežāk izmantotais no apskatītajiem kritērijiem un tas visvairāk izmantots saistībā ar enerģijas iegūšanu no vēja. Saules PV enerģija ir otrā biežāk apskatītā, taču pētījumos par ģeotermālo enerģiju un ogļūdeņražiem LCOE un LACE kritēriji pielietoti salīdzinoši maz. Šāda situācija var būt radusies arī tāpēc, ka saules un vēja enerģija kā tāda šobrīd tiek pētīta daudz vairāk. Tikai dažos pētījumos abi kritēriji pielietoti vienlaicīgi.

1.1.2. LCOE aprēķināšanas metodika

Atjaunojamo energoresursu vērtēšanas kritērijus var iedalīt četrās grupās: ekonomiskie, tehniskie, vides un sociālie kritēriji. Šie kritēriji savstarpēji ietekmē viens otru. Katra energoresursa ekonomiskais potenciāls ir cieši saistīts ar tā tehniskajiem, vides un sociālajiem aspektiem. Kā secinājuši Lee un Chang (Lee & Chang, 2018) – visbiežāk izmantotie ekonomiskie kritēriji ir investīciju izmaksas (C1), darbības un uzturēšanas izmaksas (C2) un elektroenerģijas vai siltuma enerģijas cena (C3). Investīciju izmaksas iekļauj tehnoloģiju izpēti un būvniecības izmaksas, kā arī nepieciešamās infrastruktūras izbūvi. Uz darbības un uzturēšanas izmaksām šajā kontekstā attiecināmas gan enerģijas saražošanai ikdienā nepieciešamo resursu un darbaspēka izmaksas, gan transports, kā arī iekārtu/sistēmas uzturēšanas un remontu izmaksas. Elektroenerģijas vai siltuma enerģijas gala cenu veido investīciju izmaksas, darbības

un uzturēšanas izmaksas, izejmateriālu izmaksas, iekārtu nolietojums un procentu maksājumi investoriem.

Aplūkoti avoti, kas dažādos aspektos pēta multikritēriju lēmumu pieņemšanas metožu (MCDM) pielietojumu (Scott, Ho, & Dey, 2012), (A. Mardani, 2015), (Lee & Chang, 2018) vai pielieto atsevišķas MCDM metodes (Ghosh, Chakraborty, Saha, Majumder, & Pal, 2016) saistībā ar AER, ņem vērā iepriekšminētos izmaksu kritērijus.

Konkrētas ražotnes izmaksu novērtēšanai tiek izmantota arī pilna dzīves cikla izmaksu analīze (Life Cycle Costing), (Slisane u.c., 2015). Šādu pieeju apraksta ASV Valsts pētījumu padomes Infrastruktūras un būvētās vides nodaļa (The Federal Facilities Council, 2001). Pēc šīs pieejas tiek izdalītas piecas izmaksu grupas: investīcijas (C1), projektēšanas, celtniecības un demontāžas izmaksas (C2), uzturēšanas izmaksas (C3), darbības izmaksas (C4) un transporta izmaksas (C5).

Arī LCOE balstās uz šīm izmaksu kategorijām. LCOE uzbūve parādīta vienādojumā:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + OM_t + F_t}{(1+DR)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+DR)^t}}, \quad (1.1)$$

kur

I_t – sākotnējās projekta izmaksas jeb investīciju izmaksas;

OM_t – ikgadējās darba un uzturēšanas izmaksas;

F_t – kurināmā/ izejmateriāla izmaksas;

E_t – gada laikā saražotās elektroenerģijas apjoms;

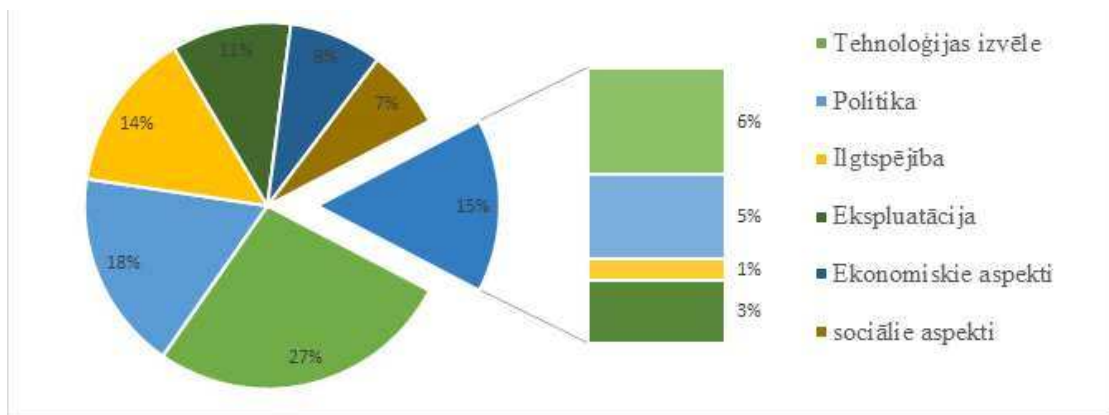
DS – diskonta likme, %;

N – elektrostacijas ekonomiskais dzīves cikls.

1.1.3. Multikritēriju analīzes metožu pielietojums atjaunojamo energoresursu potenciāla novērtēšanā

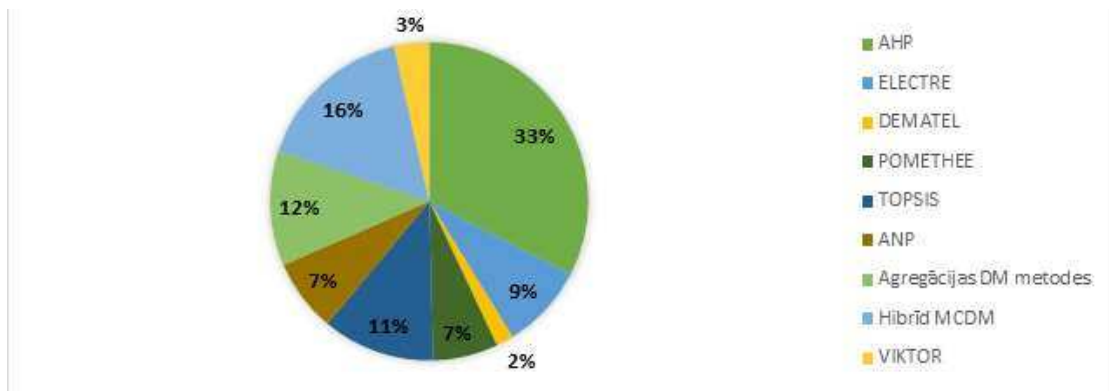
Atjaunojamo resursu ekonomiskā potenciāla novērtējumam var tikt izmantotas arī plaša pielietojuma analīzes metodes, kas nespecializējas specifiski uz to ekonomisko aspektu analīzi. LCOE ir efektīvs rādītājs, kad nepieciešams novērtēt un savā starpā salīdzināt atsevišķu izolētu AER izmaksas, taču tajā ne vienmēr iespējams integrēt sistēmas elementus, kas nepieciešami, lai regulētu energosistēmu, kas sastāv no dažādiem daudzveidīgiem avotiem, piemēram rezerves kapacitātes uzturēšana un enerģijas uzkrāšana pīķa stundās (IRENA (1), 2018). Tāpēc energoresursu novērtējumam izmanto arī MCDM, kas ir elastīgākas un var tikt pielāgotas specifiskākām vajadzībām.

Lai arī mūsdienās kā palīgs lēmumu pieņemšanai un alternatīvu novērtējumam (t.sk. ekonomiskā potenciāla novērtējumam) var tikt izmantota mašīnmācīšanās (no angļu val. – *machine learning*) vai mākslīgā intelekta (AI) pieeja, tomēr tiek uzsvērta arī ekspertu zināšanu un izvēles nozīme ar politikas izstrādi saistītajos jautājumos (Shen & Tzeng, 2018). Multikritēriju lēmumu pieņemšanas rīki (MCDM) ļauj zināmā mērā kvantificēt jomas ekspertu viedokli un izmantot to vienlaicīgi ar konkrētiem faktoloģiskiem vai tehnoloģiskiem nosacījumiem. Mardani u.c. 2015. gadā veiktajā pētījumā (Mardani u.c., 2015) par MCDM tehnikām un to pielietojumu zinātniskajos pētījumos laika posmā no 2000. gada līdz 2014. gadam, konstatēja, ka pētījumi par vidi, ilgtspējību un enerģiju ir otrais populārākais pielietojums MCDM, atpaliekot tikai no pētījumiem par jautājumiem saistībā ar iekārtu darbības analīzi un mīksto skaitļošanu “operational research and soft computing”. No visiem MCDM pielietošanas gadījumiem 13,49 % bija pētījumos, ko var ierindot kategorijā “enerģija, vide un ilgtspējība”. Atsevišķi autori pārskata MCDM metožu pielietojumu specifiski ilgtspējības (Shen & Tzeng, 2018) un bioenerģijas (Scott, Ho & dey, 2012) sektoros. Pētījumā par MCDM izmantojumu bioenerģijas sektorā konstatēts, ka visbiežāk (27 % gadījumu) MCDM metodes izmanto tehnoloģijas izvēlei, daudz mazāk (8 % gadījumu) tās izmantotas, lai pētītu bioenerģijas ekonomiskos aspektus. Multikritēriju lēmumu pieņemšanas metožu pielietojums pētījumos, kas saistīti ar AER, parādīts 1.1. attēlā. Avots norāda, ka līdz 2012. gadam MCDM metodes izmantotas arī reģionālā kontekstā.



1.1.att. MCDM pielietojums pētījumos par AER laika posmā no 2000. līdz 2010. gadam

Literatūras apskatā par MCDM metodēm un to pielietojumu laika posmā no 2000. līdz 2014. gadam (A. Mardani, 2015), secināts, ka MCDM metodes ir populārs analīzes veids. MCDM sadalījums pēc pielietojuma biežuma parādīts 1.2. attēlā.



1.2.att. Lēmumu pieņemšanas metodes un to pielietojums 2000-2014. gadam (Mardani u.c., 2015)

Kā vērojams 1.2. attēlā, plaši ticis pielietots analītiskās hierarhijas process (no angļu val. – *analytic hierarchy process*) (turpmāk tekstā – AHP). Šo metodi reizēm izmanto arī, lai noteiktu kritēriju nozīmīguma pakāpi jeb “svaru”, ko tālāk var pielietot citās MD metodēs. Vairāku MCDM apvienojums bieži sastopams jaunākos avotos (Aly, Steen, & Pedersen, 2017), (Asakereh, Soleymani, & Sheikhdavoodi, 2017). Nedaudz vairāk kā 10 % gadījumu pielietots TOPSIS.

Turpinājumā īsi tiks aplūkoti katrā no apskatītajām multikritēriju lēmumu pieņemšanas tehnikām.

1.1.4. Multikritēriju lēmumu pieņemšanas metodes. Īss apraksts

Analītiskās hierarhijas process (AHP) un analītiskā tīkla process (ANP)

AHP ir izmantots gan lēmumu pieņemšanai valstiskā mērogā (Keeleya & Matsumoto, 2018) (Saaty, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, 1980), gan vienam patērētājam – mājāsaimniecībai piemērotākās sistēmas izvēlei. AHP metode balstās uz problēmas sadalīšanu kategorijās jeb parametru līmeņos, kur hierarhijas ir galvenais jautājums, piemēram, kā tas ir minēts avotā (Keeleya & Matsumoto, 2018) investoru pieasistē saules un vēja energoresursu izmantošanai attīstības valstīs. Zem tā ir faktori, kas tieši ietekmē aplūkojamo jautājumu, (Keeleya & Matsumoto, 2018) gadījumā – investoru interesi par ieguldījumiem saules un vēja enerģijas attīstībai izaugsmes valstīs. Tālāk minētajā avotā sniegts plašs kategoriju un kritēriju “koks”. Kad šāda ietekmējošo faktoru un kritēriju hierarhija ir izveidota, līdzvērtīgas kategorijas kritēriji tiek pa pāriem salīdzināti.

Salīdzinājumu var veikt izmantojot dažādas vērtēšanas skalas, piemēram, Saaty 1980. gadā sastādīto 1 līdz 9 punktu vērtēšanas skalu. AHP izmantošanas būtība balstās kompleksas problēmas sadalīšanā, izsakot to kā hierarhiju ar vienu noteiktu mērķi hierarhijas augšgalā un vairākām kategorijām un apakškategorijām. Šī metode ir piemērota kompleksu jautājumu operatīvai novērtēšanai un kā atbalsts lēmumu pieņemšanai gadījumos, kad aplūkojamais jautājums ietver daudz nenoteiktības, savā starpā konkurējošus apakš-kritērijus un dažādu formātu datus kā pamatinformāciju (Antonella, u.c., 2016). Analītiskā tīkla process (*Analytic Network process*) ir AHP paplašināta versija, ko 1999. gadā prezentēja Saaty (Saaty, 1999).

Kā minēts iepriekšējā nodaļā, AHP tiek plaši pielietots, lai noteiktu kritēriju nozīmīguma pakāpi jeb svaru. Šādam mērķim AHP pielietojuši arī R. K. Samal un M. L. Kansal (Kansal, 2015) pētījumā par atjaunojamās enerģijas projektu devumu ilgtspējīgas attīstības veicināšanā. Turpmāk tekstā sniegts īss šāda AHP pielietojuma apraksts, balstoties uz (Kansal, 2015) izmantoto metodi.

AHP metodes būtība balstās pāru salīdzinājumu matricas A , kas atspoguļo lēmumu pieņēmēja izvēli par dažādu kritēriju relatīvo nozīmīgumu, sastādīšanā.

Tiek pieņemts, ka a_{jk} apzīmē matricas A elementu (j, k), ja kritēriji j un k ir vienlīdz nozīmīgi, a_{jk} būs vienāds ar 1 ($a_{jk}=1$), ja $a_{jk}=5$ kritērijs j ir piecas reizes svarīgāks kā kritērijs k , ja $a_{jk}=9$ kritērijs j ir absolūti svarīgāks par k . Citas iespējamās a_{jk} vērtības starp 1 un 9 tiek interpretētas pēc iepriekš minētā parauga.

Lai nodrošinātu matricas datu viennozīmīgumu, $a_{jk} = b$ automātiski nozīmē, ka $a_{kj} = 1/b$ un matricas A diagonālē elementu vērtības būs vienādas ar 1, jo kritērijs tiks salīdzināts pats ar sevi. Kad šāda matrica sastādīta, katras kolonnas elementi tiek dalīti ar šīs kolonnas elementu summu, tādējādi iegūstot normalizētās svērtās matricas N elementus \bar{a}_{jk} :

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{i=1}^m a_{ik}}. \quad (1.2)$$

Relatīvo kritēriju svaru aprēķina kā vidējo vērtību katrā matricas N rindā. Kritēriju svara vektors w_j tiek aprēķināts summējot katrā kolonnā esošo vērtību \bar{a}_{jk} un dalot ar kolonnu skaitu m :

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{a}_{ik}}{m}. \quad (1.3)$$

Ja analīzes mērķis nav tikai noteikt kritēriju svaru, kā tas darīts (Kansal, 2015), bet veikt alternatīvu analīzi, kā, piemēram, (Keeleya & Matsumoto, 2017) pētījumā, turpinājumā jāveic alternatīvu vērtējuma aprēķins.

Alternatīvu vērtējumu matrica S sastāv no elementiem s_{ij} , kas apzīmē i -tās alternatīvas vērtējumu atbilstoši kritērijam j . Lai iegūtu šos vērtējumus, katram kritērijam m tiek izveidota matrica $B^{(j)}$, kur $j=1, \dots, m$. Matricas $B^{(j)}$ izmēri ir $n \times n$, kur n – alternatīvu skaits. Katrs ievadītais matricas elements $b^{(j)}_{ih}$ ir i -tās alternatīvas vērtējums salīdzinājumā ar h alternatīvu konkrētā kritērija j izpildē. Ja $b^{(j)}_{ih} > 1$, tad alternatīva i ir labāka par alternatīvu h , ja $b^{(j)}_{ih} < 1$, tad i ir sliktāka par h . Ja alternatīvu sniegums ir līdzvērtīgs, $b^{(j)}_{ih} = 1$.

Jāievēro nosacījums, ka:

$$b^{(j)}_{ih} \times b^{(j)}_{hi} = 1. \quad (1.4)$$

Tāpat kā iepriekš katras alternatīvas salīdzinājums pašai ar sevi $b^{(j)}_{ii}=1$. Alternatīvu novērtēšanai var sastādīt vērtējuma skalu, līdzīgi kā kritēriju novērtēšanai.

Kad katra kritērija matrica $B^{(j)}$ aizpildīta ar alternatīvu pāru salīdzinājumu, tai veic tādus pašus soļus, kā aprakstīti kritēriju matricai. Tiek izveidota normalizētā svērtā matrica, katru elementu dalot ar

kolonnas elementu summu, un noteikts alternatīvas vērtējums, aprēķinot vidējo vērtību katrā matricas rindā. Tādējādi iegūstot vērtējuma vektorus $s^{(j)}$, $j=1, \dots, m$.

Vektors $s^{(j)}$ satur analizēto alternatīvu vērtējumu/sniegumu atbilstoši j kritērijam.

Visbeidzot tiek sastādīta S matrica:

$$S = [s^{(1)} \quad \dots \quad s^{(m)}], \quad (1.5)$$

kurā j -tā kolonna atbilst $s^{(j)}$.

Noslēgumā alternatīvu reitingu iegūst, reizinot kritērija svaru w ar atbilstošo alternatīvas vērtējumu matricā S :

$$v = w \times S. \quad (1.6)$$

AHP metodes gala vērtējumu, kas piešķirts i -tajai alternatīvai, reprezentē v_i . Kā pēdējais solis tiek veikta alternatīvu sakārtošana pēc to gala vērtējuma dilstošā secībā.

Viens no izaicinājumiem, ar ko jāsaskaras izmantojot AHP metodi gadījumos, kad savā starpā tiek salīdzinātas daudz dažādas alternatīvas, ir nesakrītības ekspertu vai politikas veidotāju vērtējumā. AHP balstās uz kritēriju un alternatīvu pāru salīdzināšanu. Gadījumos, kad ir liels kritēriju vai alternatīvu skaits, iespējama situācija, kad alternatīva 1 tiek novērtēta kā nedaudz labāka par alternatīvu 2, alternatīva 2 tiek vērtēta nedaudz augstāk par alternatīvu 3, taču, salīdzinot alternatīvas 1 un 3, lēmuma pieņēmējs novērtē alternatīvu 3 augstāk par alternatīvu 1. Konsekvents novērtējums šajā gadījumā būtu, ja alternatīva 3 arī tiktu novērtēta nedaudz sliktāk kā alternatīva 1. Lai novērstu šādu situāciju, AHP iekļauta lēmumu pieņēmēju vērtējumu konsekvenču pārbaude matricām A un $B^{(i)}$. Konsistences līmeni raksturo konsistences indekss (CI), ko aprēķina pēc formulas:

$$CI = \frac{x-m}{m-1}, \quad (1.7)$$

kur x aprēķina oriģinālo vērtējumu matricā A (vai atbilstoši $B^{(i)}$), ja konsekvenču indeksu rēķina alternatīvu vērtējumam j -tajam kritērijam) reizinot ar iegūto svaru matricu, savukārt m ir kolonnu (un līdz ar to kritēriju vai alternatīvu) skaits.

Noderīgu ieskatu AHP un ANP metodes izmantošanai tieši izmaksu – ieguvumu novērtēšanai sniedz (Khademi, Behnia, & Saedi, 2013). Autori koncentrējas uz metožu pielietojumu attīstības valstīs, taču vienlaikus sniedz labu piemēru AHP/ANP izmantošanai ekonomisku jautājumu izskatīšanai.

ELEKTRE (ELimination and Choice Expressing REality) metode

ELEKTRE (*ELimination and Choice Expressing REality*) metode radusies 1960. gados (Antonella, u.c., 2016) un balstās uz alternatīvu ranga salīdzinājumu, nosakot alternatīvu atbilstību vai neatbilstību kritēriju kopumam, kur atbilstošākās alternatīvas rangs pārspēj citas. Līdz mūsdienām ir attīstītas vairākas šīs metodes versijas, pakāpeniski papildinot ELEKTRE ar tādām iespējām kā izplūdušu kritēriju pievienošana. ELEKTRE un tās atvasinājumi tiek pielietoti dažādās jomās, to izmantošana ar enerģētiku un ilgtspējību saistītos jautājumos nav īpaši izteikta, kā piemērus šādam pielietojumam var minēt vietēja mēroga hidroelektrostacijas novērtējumu (Saracoglu, 2015), kā arī lietojumu atjaunojamās enerģijas politiku izvēlē (M. Mousavia), (Lee & Chang, 2018).

PROMETEE metode

Kopš profesors Jean-Pierre Brans definēja PROMETEE metodes pamatus 1982. gadā, tā ir kļuvusi par vienu no visplašāk pielietotajām daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas palīgmetodēm. Balstoties uz šo metodi ir izstrādāta lietojumprogramma *Visual PROMETEE*, tās brīvpieejas izmēģinājuma versiju

iespējams iegūt profesora Bertranda Marešala interneta vietnē (Mareschal, 2011). Tur pat pieejama arī dažāda noderīga informācija par PROMETEE metodi un noderīgi un praktiski skaidrojumi par multikritēriju lēmumu pieņemšanas metodēm kopumā.

TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) metode

TOPSIS (*The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) kā metodi labākās alternatīvas noteikšanai pirmo reizi piedāvāja Hwang CL, Yoon K. 1981.gadā (Hwang & Yoon, 1981). Atšķirībā no iepriekš aprakstītās multikritēriju lēmumu pieņemšanas metodes AHP TOPSIS balstās nevis uz alternatīvu salīdzināšanu savā starpā, bet gan uz katras alternatīvas salīdzināšanu ar ideālo iespējamo risinājumu. Šādi tiek iegūts alternatīvas reitings, kas parāda, cik tuvu alternatīva ir labākajam iespējamajam risinājumam un cik tālu no sliktākā iespējamā varianta. Šis reitings dod iespēju pēc tam salīdzināt alternatīvas savā starpā un izvēlēties piemērotāko alternatīvu.

TOPSIS metode tiek plaši pielietota pētījumos par dažādu atjaunojamo resursu izmantošanu, piemēram, aplūkojot biometāna ražošanas sociālo ietekmi visā tā dzīves ciklā (Slisane, Romagnoli, Kamenders, Veidenbergs, & Blumberga, 2015) vai optimālo biomasas koģenerācijas parametru izvēli (Cimdiņa, 2014). Šī metode izmatota arī saules un vēja enerģijas izmantošanai piemērotākās vietas novērtēšanai (Rezaei, Mostafaeipour, Qolipour, & Tavakkoli-Moghaddam, 2018).

TOPSIS metode tiek izmantota, lai noteiktu alternatīvu reitingu balstoties uz vairākiem kritērijiem. Kritēriji var būt gan kvantitatīvi, gan kvalitatīvi.

Lai uzsāktu datu analīzi, izmantojot TOPSIS metodi, jāizveido sākotnējā datu matrica kā parādīts 1.3. attēlā.

$$\begin{matrix}
 & x_1 & x_2 & \cdots & x_j & \cdots & x_n \\
 A_1 & \begin{bmatrix} x_{11}^k & x_{12}^k & \cdots & x_{1j}^k & \cdots & x_{1n}^k \\
 A_2 & \begin{bmatrix} x_{21}^k & x_{22}^k & \cdots & x_{2j}^k & \cdots & x_{2n}^k \\
 \vdots & \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\
 A_i & \begin{bmatrix} x_{i1}^k & x_{i2}^k & \cdots & x_{ij}^k & \cdots & x_{in}^k \\
 \vdots & \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \cdots & \vdots \\
 A_n & \begin{bmatrix} x_{n1}^k & x_{n2}^k & \cdots & x_{nj}^k & \cdots & x_{nm}^k
 \end{bmatrix}
 \end{matrix}
 \end{matrix}
 \end{matrix}
 \end{matrix}$$

1.3. att. Lēmumu pieņemšanas matrica

Alternatīvas tiek apzīmētas ar A_1, A_2, \dots, A_n , kritēriji ar x_1, x_2, \dots, x_n . Kritēriju vērtības apzīmē matricas elementi x_{ij} . Katram no kritērijiem ir atšķirīgs vērtību diapazons (piemēram, saražotās enerģijas apjoms var būt vērtējams tūkstošos kWh, bet LCOE vērtības – mazākas par 1), tāpēc nepieciešams tās normalizēt, lai padarītu tās savstarpēji salīdzināmas. Normalizēšana tiek veikta izmantojot *Jüttler's-Körth's* normalizācijas metodi, kas dod rezultātu intervālā no 0 līdz 1.

Pēc šīs metodes jāizmanto divas formulas – viena gadījumā, kad lēmumu pieņemējam vēlama ir lielākā, maksimālā vērtība šajā kritērijā, un otra – kritērijiem, kur vēlama minimāla vērtība (piemēram, iegādājoties mašīnu vēlamās ir minimālas emisijas gaisā un degvielas patēriņš, taču maksimāla braukšanas drošība).

Ja vēlamās ir minimālās kritērija vērtības, tiek izmantota šāda formula:

$$b_{ij} = \frac{x_{ij} - \min x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}} \quad (1.8)$$

Ja vēlamās ir maksimālās kritērija vērtības, tiek izmantota formula:

$$b_{ij} = \frac{\max x_{ij} - x_{ij}}{\max x_{ij} - \min x_{ij}}. \quad (1.9)$$

Normalizētie dati tiek izvietoti matricā un reizināti ar iepriekš noteiktiem kritēriju nozīmīguma faktoriem (w_j). Kritēriju nozīmīguma faktoros jeb svarus parasti nosaka jomas speciālisti. Kritēriju svaru noteikšanai kā palīg līdzekli var izmantot arī citas MCDM metodes, piemēram, AHP.

Nākamais TOPSIS solis ir ideālā pozitīvā un ideālā negatīvā risinājuma noteikšana (pēc būtības labākā teorētiskā un sliktākā teorētiskā alternatīva pēc visiem izmantotajiem kritērijiem).

Pozitīvais ideālais risinājums (A^+):

$$A^+ = \text{Max}_i w_j b_{ij}. \quad (1.10)$$

Negatīvais ideālais risinājums (A^-):

$$A^- = \text{min}_i w_j b_{ij}. \quad (1.11)$$

Alternatīvas attālumu līdz pozitīvajam ideālajam risinājumam (S^+) aprēķina:

$$S^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \quad i=1,2,\dots,m. \quad (1.12)$$

Alternatīvas attālumu/attieci pret ideālo negatīvo risinājumu (S^-) aprēķina:

$$S^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i=1,2,\dots,m. \quad (1.13)$$

Pēdējais solis ir alternatīvas relatīvā attāluma no ideālā risinājuma aprēķināšana:

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ - S_i^-)}, \quad i=1,2,\dots,m. \quad (1.14)$$

VIKTOR metode

VIKTOR metode tika attīstīta ar mērķi risināt MCDM problēmas, kurās nākas saskarties ar nesavietojamiem, piemēram, izteiktiem atšķirīgās mērvienībās vai citādi konfliktējošiem kritērijiem. Līdzīgi kā TOPSIS, VIKTOR metode vērtē alternatīvas pēc to pietuvinātās pakāpes ideālajam risinājumam. Šī metode pēdējos gados vairākkārt izmantota atjaunojamo energoresursu projektu tehnisko, vides un ekonomisko apstākļu novērtējumam (Lee & Chang, 2018).

Svērtās summas metode (WSM)

Viena no vienkāršākajām un visplašāk izmantotajām MCDM metodēm ir svērtās summas metode. Pēc šīs metodes, piemēram, zemākās cenas kritērijam tiek piešķirts augstākais novērtējums, augstākai cenai – zemāks vērtējums, tādējādi metode strādā tikai ar pozitīvām vērtībām, kuras, saskaitot augstāko vērtējumu, iegūst labāko alternatīvu (Lee & Chang, 2018).

Jauktu un hibrīd MCDM metožu pielietojums

16,29 % Mardani aplūkoto gadījumu tiek pielietotas hibrīd MCDM metodes, kas pielāgotas konkrētās problēmas vai jomas specifiskajām vajadzībām (A. Mardani, 2015). Atjaunojamo energoresursu novērtējumam īpaši būtisks ir ģeogrāfiskais aspekts – dažādās teritorijās vienam un tam

pašam resursam atšķirsies tehnoloģiskie un ekonomiskie parametri, tāpēc MCDM tiek izmatota līdztekus Ģeogrāfiskās Informācijas sistēmas (ĢIS) datu apstrādei. Īpaši runājot par saules (Doorgaa, Rughooputha, & Boojhawon, 2019), (Keeleya & Matsumoto, 2018), vēja (The Federal Facilities Council, 2001), (REN21, 2019) un jūras viļņu (Abaei, Arzaghi, Abbassi, Garaniya, & Penesis, 2017), (Ghosh, Chakraborty, Saha, Majumder, & Pal, 2016) enerģiju.

Reizēm noderīga ir vairāku metožu apvienošana, veidojot jaunu, specifiskajam pielietojumam noderīgu metodi. Modificētu *Bayesas* tīkla un ietekmes diagrammu metožu apkopojumu pielieto Abei u.c. al. (Abaei, Arzaghi, Abbassi, Garaniya, & Penesis, 2017), lai radītu jaunu multikritēriju lēmumu pieņemšanas rīku jūras viļņu enerģijas izmantošanai piemēroto vietu novērtēšanai, ņemot vērā enerģijas svārstības, kuģu satiksmi un dažādus riskus. Autori raksta, ka izveidotā metode ļauj iekļaut novērtējumā tehnisku un sistēmas avāriju risku un var tikt pielāgota un izmantota citu sistēmu novērtēšanai.

1.1.5. Piemērotas multikritēriju lēmumu pieņemšanas metodes (MCDM) izvēle

Zinātniskajā literatūrā nav daudz pētījumu, kas fokusētos uz multikritēriju lēmumu pieņemšanas metožu darbības vērtēšanu un salīdzināšanu. Tomēr jau 2001. gadā ASV veikts MCDM metožu novērtējums specifiski izmantošanai klimata kontroles politiku integrētajam izvērtējamam (Robinson, 2001). Šajā pētījumā veikts eksperiments, kurā 20 klimata pārmaiņu eksperti analizēja hipotētisku klimata politiku izmantojot dažādas MCDM metodes, rezultātā novērtējot metodes pēc to lietošanas ērtuma, caurskatāmības, rezultāta ticamības, sarežģītības un ieguldāmā darba daudzuma. Pētījumā secināts, ka par galveno ieguvumu MCDM izmantošanas rezultātā eksperti uzskata lēmumu pieņemšanas strukturizāciju, kas ļauj labāk saprast lēmuma pamatojumu un labāk to izskaidrot un pamatot citiem. Lietuvā 2011. gadā veikts pētījums par multikritēriju lēmumu pieņemšanas metožu izmantošanu ekonomikas sektorā. Pētījumā apkopots MCDM metožu sadalījums pa klasēm un aplūkotas to galvenās savstarpējās atšķirības un secināts, ka, lai arī nav iespējams viennozīmīgi pateikt, kura metode ir labākā visos gadījumos, optimālu lēmumu pieņemšanai būtiski izvēlēties piemērotu lēmumu pieņemšanas metodi un to atbilstoši pielietot (Zavadskas & Turskis, 2011).

Jaunāks pētījums par MCDM metožu salīdzinājumu darbā ar izplūdušām/nenoteiktām vērtībām (*fuzzy values*) 2016. gadā aplūko 10 MCDM metožu – SAW, WPM, CP, TOPSIS, ELECTRE, VIKTOR un četru tipu AHP – izmantošanu ar nenoteiktu izejas datu matricām (Zamani-Sabazi, King, Gard, & Abudu, 2016). Pētījumā secināts, ka vienmērīgs datu nenoteiktības pieaugums būtiski neietekmēja iegūtos rezultātus, savukārt alternatīvu un kritēriju skaita izmaiņām ir būtiska ietekme. Pielietojot katru no metodēm praksē, autori secina, ka SAW, WPM, CP un TOPSIS ir matemātiski vienkārši pielietojamas, kamēr ELECTRE, VIKTOR un visi četri AHP veidi ir lieli kalkulāciju apjoma ziņā un salīdzinoši komplicēti. Zamani-Sabazi, King, Gard, un Abudu aprēķinājuši un grafiski attēlojuši korelāciju starp rezultātiem, kas iegūti ar katru no iepriekšminētajām multikritēriju analīzes metodēm 4 dažādos scenārijos – 3 alternatīvas un 3 vērtēšanas kritēriji, 8 alternatīvas un 4 kritēriji, 8 alternatīvas un 8 kritēriji, 15 alternatīvas un 8 kritēriji. Tā kā dažu metožu rezultāti konkrētos scenārijos parāda ļoti līdzīgu alternatīvu reitinga sadalījumu un dažādas metodes ir ar dažādām sarežģītības pakāpēm, iegūtie dati dod iespēju izvēlēties lietošanā vienkāršāko metodi, kas sniedz statistiski ļoti tuvu vai vienādu rezultātu konkrētajā scenārijā, tādējādi ietaupot sistēmas resursus un samazinot laika patēriņu. Visos pētījumā aplūkotajos scenārijos korelācija starp metožu ģenerētajiem rezultātiem pieauga palielinoties matricas lielumam (kritēriju un alternatīvu skaitam), taču pieaugums bija atšķirīgs starp dažādiem metožu pāriem (Zamani-Sabazi, King, Gard, & Abudu, 2016). Tomēr jāņem vērā, ka iepriekšminētais pētījums ņem vērā tikai matemātisko aspektu, savukārt MCDM analīzes metodei jāsniedz ne tikai pamatos alternatīvu reitingu “tops”, tai jānodrošina pārskatāms un strukturēts lēmumu pieņemšanas procesa attēlojums, kas ļautu gan lēmumu pieņēmējiem un metodes izmantotājiem, gan plašākai sabiedrībai izprast lēmuma pieņemšanas gaitu un tā pamatojumu, kā arī jāveicina pārliecība par lēmumu un izpratne par alternatīvām, kuras nākas “ziedot” izdarot izvēli. Tieši šādu MCDM lomu uzsver (Robinson, 2001) runājot par MCDM metožu pielietojumu klimata kontroles politiku integrētajam izvērtējumam.

Ņemot vērā, ka aplūkoto pētījumu autori secina, ka nav iespējams viennozīmīgi noteikt vispārīgi labāko MCDM metodi, taču ir dažādi aspekti, kas novērtējami atkarībā no konkrētās analīzes mērķa, šajā pētījumā tiks aplūkota dažādu MCDM metožu lietderība novērtējot 3 AER alternatīvas elektroenerģijas ražošanai – saules PV, vēja enerģija, biomasas koģenerācija un elektroenerģijas tradicionālā ražošana sadedzinot dabasgāzi – pēc ekonomiskajiem kritērijiem, kas būtiski politikas veidotājiem – LCOE, piedāvājuma atbilstība pieprasījumam (*nodrošina patēriņu pīķa stundās vai tieši otrādi – lielākā daļa enerģijas tiek saražota naktī, kad to maz izmanto un nepieciešams papildus elektroenerģijas avots brīžos ar augstu enerģijas patēriņu*), elektroenerģijas uzkrāšanas nepieciešamība un izmaksas, prognozētā ietekme uz vietējo ekonomiku.

Šajā gadījumā analīzei būtiskie aspekti ir:

- salīdzinoši mazs alternatīvu un kritēriju apjoms (4x4);
 - viegli lietojama un pārskatāma metode, kas ļautu strukturēt un izprast problēmu, bet nav laikietilpīga;
 - palielina pārliecību par lēmumu;
 - ļauj izmantot gan kvalitatīvus, gan kvantitatīvus kritērijus;
 - sniedz rezultātu, kas viegli uztverams ne-speciālistiem un pamatojams plašākai sabiedrībai.
- Lēmumu analīzes loma publiskā sektora jautājumos:
- sākotnējais ietekmes novērtējums.

1.2. Atjaunojamo energoresursu ekonomiskā potenciāla novērtēšana pasaulē

1.2.1. Eiropa

Atbilstoši Starptautiskās Atjaunojamās Enerģijas aģentūras IRENA (*International Renewable Energy Agency*) ziņojumam par atjaunojamās enerģijas perspektīvām Eiropas Savienībā (IRENA (1), 2018) ES ir pasaules zaļās enerģētikas priekšgalā. Tās stingrā apņemšanās un ilgtermiņa redzējums apvienojumā ar mūsdienu rentablajām atjaunojamās enerģijas iespējām ir ļāvis reģionam no 2005. līdz 2015. gadam gandrīz divkāršot atjaunojamās enerģijas īpatsvaru. Tādējādi ES ir uz pareizā ceļa, lai sasniegtu 2020. gada atjaunojamo energoresursu mērķi, un tās 2030. gada mērķis — 27 % atjaunojamās enerģijas īpatsvars — ir viegli sasniedzams.

Lai arī ES ir panākts iespaidīgs progress klimata mērķu sasniegšanā, IRENA prognozē, ka pieņemot, ka tiks turpināta esošā un plānotā politika, ES-28 līdz 2030. gadam sasniegs 24 % atjaunojamās enerģijas īpatsvaru enerģētikas sektorā.

Kopš Eiropas Savienības Atjaunojamo energoresursu direktīvas (Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2009/28/EK par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu un ar ko groza un sekojoši atceļ Direktīvas 2001/77/EK un 2003/30/EK, 2009) pieņemšanas 2009. gadā ES valstu atjaunojamo enerģijas avotu atbalsta shēmām ir veiktas būtiskas izmaiņas (Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu (pārstrādāta redakcija), 2018). Eiropas Komisija 2014. gada oktobrī vienojās par jaunu enerģētikas un klimata mērķu kopumu laikposmam līdz 2030. gadam (Eiropas Komisija (1), 2014), tostarp par minimālo mērķi 27 % apmērā no ES patērētās atjaunojamās enerģijas īpatsvara. Šim nolīgumam sekoja 2015. gada februāra Enerģētikas Savienības pamatstratēģija, kuras mērķis ir padarīt ES par “pasaules līderi atjaunojamo energoresursu jomā (Eiropas Komisija (2), 2015)”.

Eiropas Savienība ratificēja Parīzes nolīgumu, ar kuru noteica mērķi ierobežot pasaules temperatūras pieaugumu šajā gadsimtā līdz “krietni zem 2 °C” salīdzinājumā ar līmeni pirms rūpniecības attīstības. Praksē tas nozīmē līdz 2060. gadam samazināt oglekļa emisiju no enerģijas izmantošanas līdz nullei un saglabāt šo līmeni līdz gadsimta beigām. Šim ilgtermiņa dekarbonizācijas mērķim ir būtiska ietekme uz Eiropas klimata un enerģētikas mērķiem laikposmā līdz 2030. gadam. Savlaicīga rīcība klimata jomā ir ļoti svarīga, lai nodrošinātu efektīvu pāreju visos enerģijas izmantošanas aspektos, izvairoties no nepieciešamības pēc krasākiem emisiju samazinājumiem pēc 2030. gada. IRENA pēc

Komisijas pieprasījuma ir veikusi novērtējumu par Eiropas Savienības atjaunojamo energoresursu perspektīvām līdz 2030. gadam.

Šajā pētījumā atjaunojamo energoresursu iespējas raksturotas ar to izlīdzinātajām enerģijas izmaksām (LCOE) un salīdzinātas ar fosilo tehnoloģiju alternatīvu, lai noteiktu "aizvietošanas izmaksas". Pētījums aptver visas nozares, tostarp energoapgādi (energoapgādes un centralizētā siltumapgāde) un galapatēriņa nozares (ēkas, rūpniecība un transports). Detalizēta izpēte veikta valstīm, kas iesaistījās *REmap* programmā un kurām jau bija veikta padziļināta *REmap* analīze – Zviedrija, Polija, Vācija, Lielbritānija, Itālija, Francija, Nīderlande, Dānija, Beļģija, Kipra un Luksemburga. IRENA pētījums par Atjaunojamās enerģijas perspektīvām Eiropas Savienībā balstīts uz šajās valstīs veiktajiem pētījumiem un papildināts ar augsta līmeņa analīzi par situāciju pārējās Eiropas Savienības dalībvalstīs (IRENA (1), 2018).

2015. gadā atjaunojamo energoresursu īpatsvars ES dalībvalstīs svārstījās no 5 % līdz 54 %. Tiek prognozēts, ka līdz 2030. gadam turpināsies svārstības, kas atspoguļo vairākus faktoros, piemēram, dažādus sākumpunktus, pieejamo resursu potenciālu, esošās un plānotās politikas jomas, kā arī īpašos tirgus apstākļus attiecībā uz atjaunojamo enerģiju katrā valstī, tomēr šīs atšķirības līdz 2030. gadam var samazināties jo dalībvalstis ar zemāku sākotnējo atjaunojamo energoresursu īpatsvaru var straujāk to palielināt. IRENA veiktā *REmap* analīze atklāj ievērojamu atjaunojamās enerģijas potenciālu, kas pārsniedz ierosināto mērķi — 27 % no 2030. gada. Papildu potenciāla izmantošana, lai sasniegtu 34 %, ir rentabla, pat ja ņem vērā ar to saistīto labumu veselībai un videi ļoti būtisko ekonomisko vērtību. Lai gan ES mēroga mērķis ir svarīga nodomu deklarācija, valsts līmeņa saistības un īstenošana būs galvenais faktors, lai šo mērķi sasniegtu rentabli reģionālā līmenī. Salīdzinājums ar vēsturisko progresu atjaunojamās enerģijas īpatsvara attīstībā liecina, ka lielākā daļa dalībvalstu līdz 2020. gadam varētu sasniegt savus atjaunojamās enerģijas īpatsvara mērķus, tomēr dažām dalībvalstīm, piemēram, Francijai, Īrijai, Luksemburgai, Maltai, Nīderlandei un Lielbritānijai tas var būt sarežģītāk. Šīm valstīm būs vajadzīgs atjaunojamās enerģijas pieauguma temps, kas ir lielāks nekā pieaugums, ko tās sasniegušas iepriekšējos gados. Pieņemot, ka tiks turpināta esošā un plānotā politika – IRENA paredz, ka ES-28 līdz 2030. gadam sasniegs 24 % atjaunojamās enerģijas daļu. Tas ir mazāk nekā pašlaik ierosinātais 27 % mērķis. Līdz ar to var secināt, ka, lai arī Eiropai ir potenciāls sasniegt 27 % AER īpatsvara robežu, lai tas notiktu, nepieciešamas izmaiņas esošajos politikas rīkos.

Katrai ES dalībvalstij ir savi mērķi un dažādi politikas rīki, ar ko panākt to īstenošanu. Jaunākais Eiropas Komisijas ziņojums par atjaunojamās enerģijas izmantošanu, kas publicēts 2017. gada februārī, norāda, ka ES-28 ir ļoti tuvu tam, lai sasniegtu 20 % atjaunojamo enerģijas avotu īpatsvaru līdz 2020. gadam. Taču, lai sasniegtu 27 % atjaunojamo resursu īpatsvaru, nepieciešams attīstīt vairāk AER. Pētījumā identificēts, ka pastāv tehnoloģiskais un ģeogrāfiskais potenciāls papildus saules PV, saules siltumenerģijas, HES, ģeotermālās un vēja enerģijas attīstībai, turklāt uzsvērts, ka šos resursus ES var attīstīt par izmaksām, kas ir zemākas nekā tradicionālo fosilo energoresursu izmaksas. ES ir potenciāls arī biomasas un bioetanola izmantošanai transportā un biomasas gadījumā arī centrālajā apkurē. Taču tiek prognozēts, ka šo resursu izmantošanas izmaksas būs augstākas par fosilo resursu izmaksām, kurus tie aizvieto. Tiek sagaidīts, ka visvairāk pieaugs vēja un saules enerģijas īpatsvars kopējā enerģijas patēriņā.

Latvija 2015. gadā ieņēma trešo vietu Eiropas Savienībā pēc AER īpatsvara, atpaliekot tikai no Zviedrijas un Somijas. IRENA pētījumā secināts, ka, palielinot atjaunojamo energoresursu ieviešanas ātrumu, Latvija varētu saražot vairāk kā pusi no kopējā patērētā enerģijas apjoma, izmantojot AER.

Iepriekšminētajā pētījumā īpaša uzmanība veltīta arī ekonomiskajiem aspektiem. Lai novērtētu kopējos sistēmas ietaupījumus, palielinot AER īpatsvaru, izmantota atjaunojamo energoresursu LCOE atšķirībā no LCOE tradicionālajiem enerģijas avotiem. Lai noteiktu ieguvumus no AER īpatsvara palielināšanas naudas izteiksmē, novērtētas prognozētās novērstās veselības aprūpes izmaksas un prognozēts vides izmaksu samazinājums, samazinoties klimata pārmaiņu ātrumam. IRENA *REmap* ekonomiskajā analīzē secināts, ka, lai īstenotu dzīvīgu visu pētījumā identificēto AER potenciālu, Eiropas

Savienībā ik gadu nepieciešama aptuveni 73 miljardu ASV dolāru lielas investīcijas atjaunojamo tehnoloģiju attīstībā (IRENA (1), 2018).

1.2.2. Amerikas Savienotās Valstis

ASV ir plaša dažādu atjaunojamo energoresursu ekonomiskā novērtējuma rīku un metožu izvēle. Kā minēts pētījuma ievadā, jau 1995.gadā ASV tika publicēta rokasgrāmata energoefektivitātes un atjaunojamo energoresursu ekonomiskā novērtējuma veikšanai (Walter Short, 1995). Šobrīd ASV Nacionālās atjaunojamās enerģijas laboratorijas interneta vietnē elektroniski pieejami vairāki ekonomiskās un finansiālās analīzes rīki un metodes (The National Renewable Energy Laboratory, bez datuma). Divi no piedāvātajiem modeļiem aplūko specifiskas tehnoloģijas – saules enerģijas projektu novērtēšanai (*Community Solar Scenario Tool*) un ūdenraža ražošanas un sadales modeļus. Atjaunojamās enerģijas cenas novērtējuma izklājlapas rīks (CREST) ietver izmaksu un naudas plūsmas modeļus, kas paredzēti, lai novērtētu projekta ekonomiku, izstrādātu uz izmaksām balstītus stimulus un novērtētu valsts un federālā atbalsta struktūru ietekmi uz atjaunojamo enerģiju. CREST pieejams saules, vēja un ģeotermālās enerģijas stacijām, kā arī biogāzes ražošanai anaerobās digestācijas ceļā un kurināmā elementiem (*fuel cells*). Nacionālās atjaunojamās enerģijas laboratorijas interneta vietne piedāvā arī rīku atjaunojamo energoresursu izmantošanas ietekmes uz darba tirgu un ekonomikas attīstību novērtēšanai.

Iepriekš minētie rīki balstīti uz *MS Excel* izklājējlapas bāzes, taču ASV Nacionālās atjaunojamās enerģijas laboratorija izstrādājusi un brīvai pieejai interneta vietnē piedāvā arī Sistēmas padomnieka modeli (SAM), kas ir tehnoloģisks datormodelis, kas aprēķina atjaunojamās enerģijas projektu darbības un finanšu rādītājus. Projektu izstrādātāji, politikas veidotāji, iekārtu ražotāji un pētnieki izmanto SAM rezultātu infografikas un tabulas, lai novērtētu finanšu, tehnoloģiju un atbalsta iespējas atjaunojamās enerģijas projektiem. SAM modelē saules PV, koncentrētās saules enerģijas, saules kolektoru, vēja, ģeotermālo un biomasas enerģijas sistēmu veiktspēju un ietver vispārēju pamata modeli salīdzināšanai ar tradicionālām vai cita veida sistēmām.

2. ENERGOAVOTU TELPISKAIS RAKSTUROJUMS

Visvairāk izmantotie fosilie resursi enerģijas ražošanā ir dabasgāze un naftas produkti. Tomēr naftas produktu īpatsvars ir samazinājies, un tie tiek aizstāti ar dabasgāzi un koksni (siltumenerģijai un koģenerācijas stacijām).

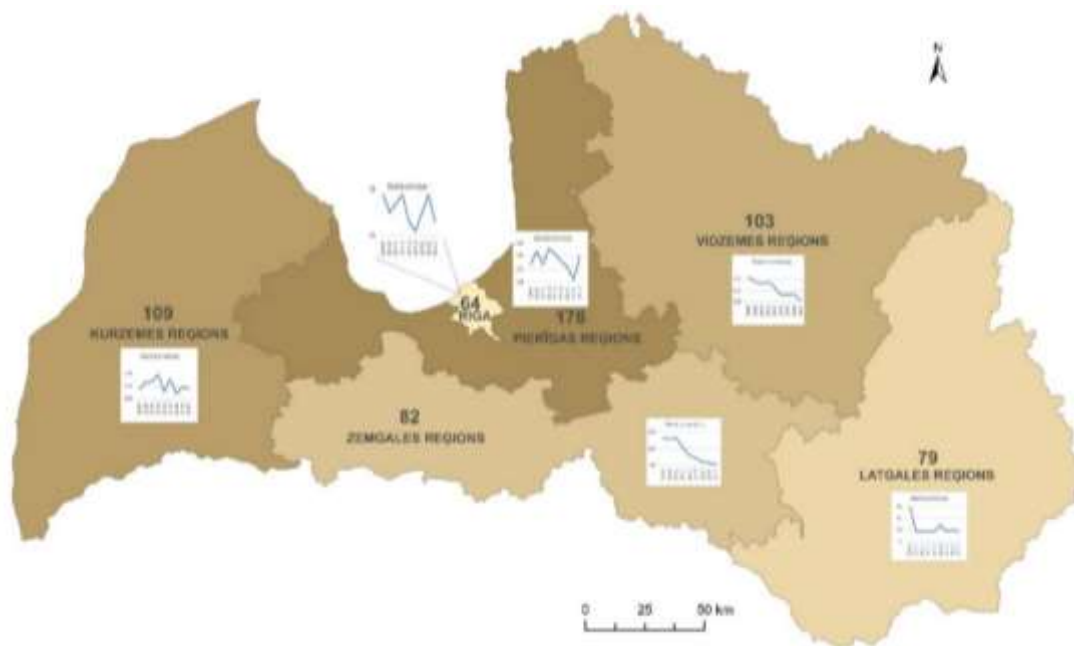
Atjaunojamās elektroenerģijas avoti iekļauj koģenerācijas stacijas, biomasas stacijas, biogāzes stacijas, vēja elektrostacijas (VES), hidroelektrostacijas (HES) un saules elektrostacijas. Kopumā Latvija importē 70 % no enerģijas patēriņa, galvenokārt atkarības no dabasgāzes un enerģijas trūkuma dēļ (Energy Peat Europe, bez datuma). Nozīmīgākie atjaunojamie energoresursi šobrīd ir ūdens (hidroenerģija) un koksne (bioenerģija).

Lai novērtētu Latvijas iespējas saistībā ar atjaunojamās enerģijas attīstību, svarīgi ir apzināt esošos fosilo un atjaunojamo resursu energoavotus. Ņemot vērā, ka atjaunojamo energoresursu potenciālu ietekmē apstākļi, kas ir telpā mainīgi, minētajam uzdevumam ir noderīgi izmantot kartēšanas metodi. Līdz ar to šajā nodaļā sniegts apkopojums par esošo energoavotu telpisko izplatību, tajos patērēto kurināmo, uzstādītajām jaudām un saražoto enerģiju. Informācija attēlota pa statistiskajiem reģioniem, izmantojot Centrālās statistikas pārvaldes datubāzē pieejamos datus.

2.1. Katlumājas

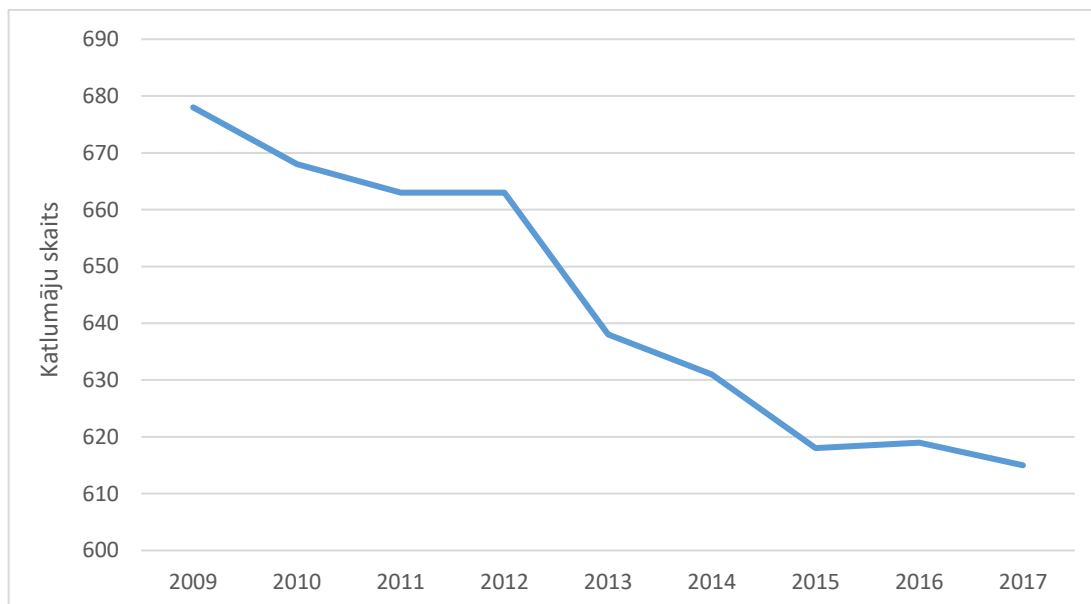
Atsaucoties uz Centrālās statistikas pārvaldes datiem, visvairāk katlumāju 2017. gadā bija Pierīgas statistiskajā reģionā (178 katlumājas) (1.4. att.), pārējos statistiskajos reģionos katlumāju skaits bija izteikti zemāks. Rīgas reģionā 2017. gadā bija 64 katlumājas.

Pēdējo gadu laikā katlumāju skaitam kopumā ir bijusi nevienmērīga attīstības tendence, īpaši Rīgas, Pierīgas un Kurzemes statistiskajos reģionos. Pakāpeniskākas katlumāju skaita izmaiņas raksturīgas Vidzemes, Zemgales un Latgales reģionos.



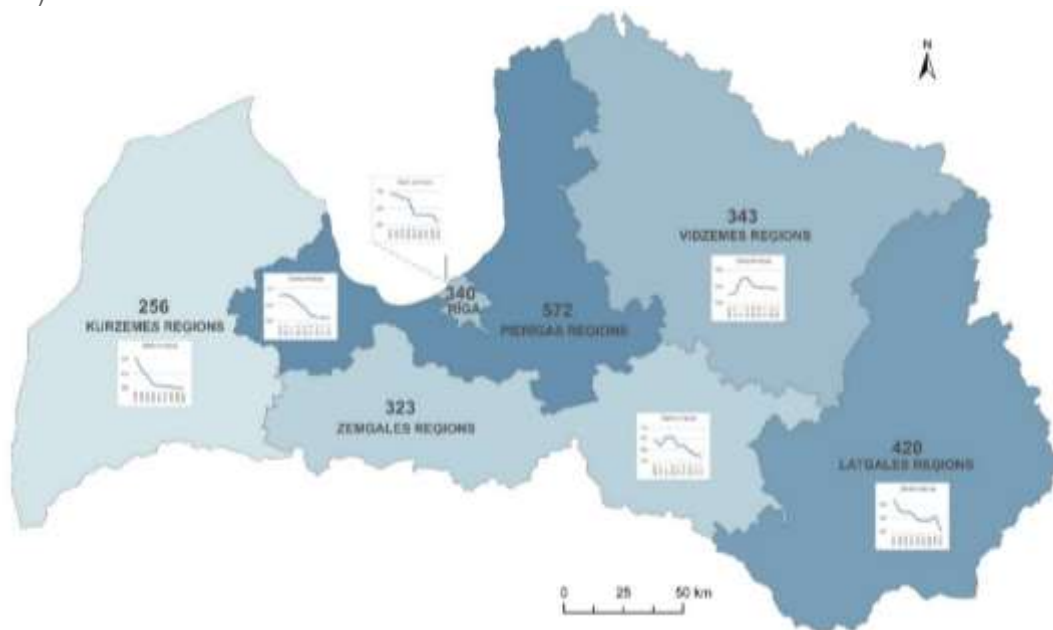
1.4. att. Katlumāju skaits 2017. gadā (ĢIS pamatne)

Kopējais katlumāju skaits Latvijā 2017. gadā bija 615. Pēdējo gadu laikā katlumāju skaits arvien samazinās (1.5. att.). Salīdzinājumā ar 2009. gadu 2017. gadā vērojams samazinājums par 63 katlumājām jeb 9,3 %.



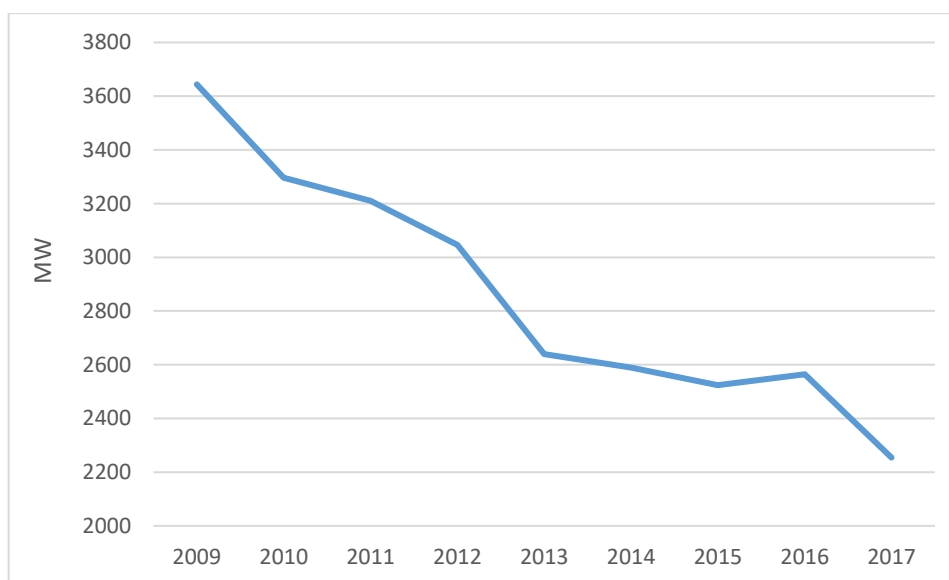
1.5. att. Katlumāju skaita izmaiņas no 2009. līdz 2017. gadam

Tāpat kā katlumāju skaits arī kopēja uzstādītā siltumenerģijas jauda 2017. gadā vislielākā bija Pierīgas statistiskajā reģionā (572 MW) (1.6. att.). Vismazākā uzstādītā jauda bija Kurzemes reģionā (256 MW).



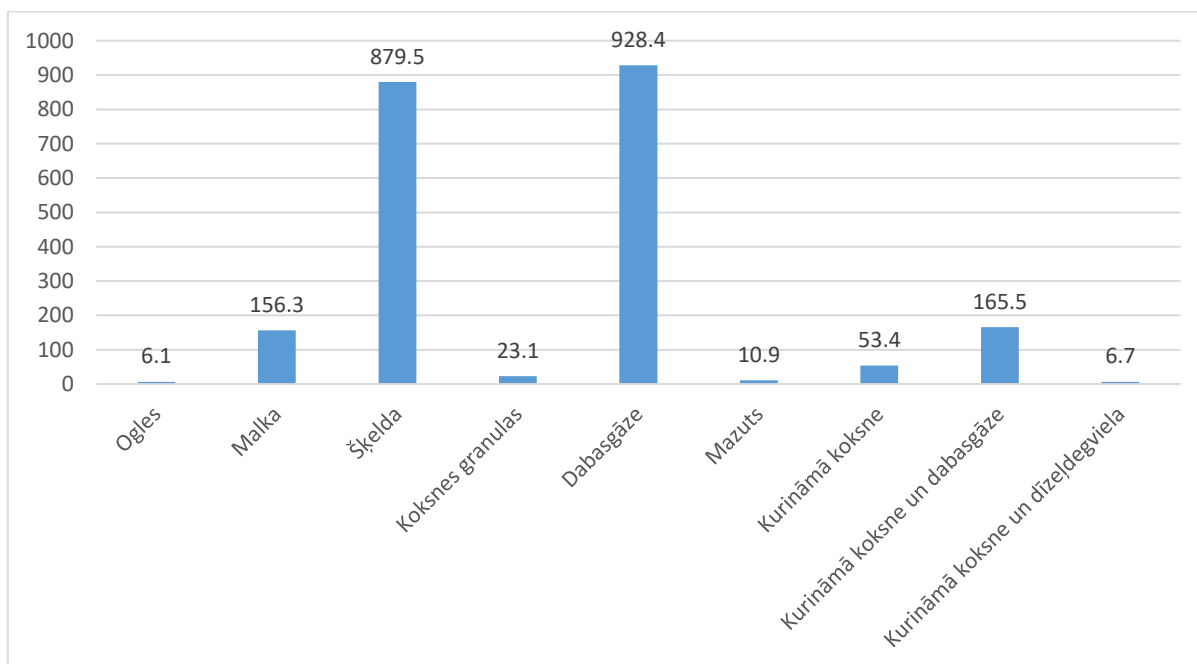
1.6. att. Katlumāju uzstādītā siltumenerģijas jauda 2017. gadā, MW (ĢIS pamatne)

Arī katlumāju uzstādītā siltumenerģijas jauda kopš 2009. gada Latvijā samazinās (1.7. att.). Ja 2009. gadā kopējā jauda bija 3644 MW, tad 2017. gadā tā bija 2254 MW, iezīmējot izteiktu samazinājumu par 1390 MW jeb 38 %.



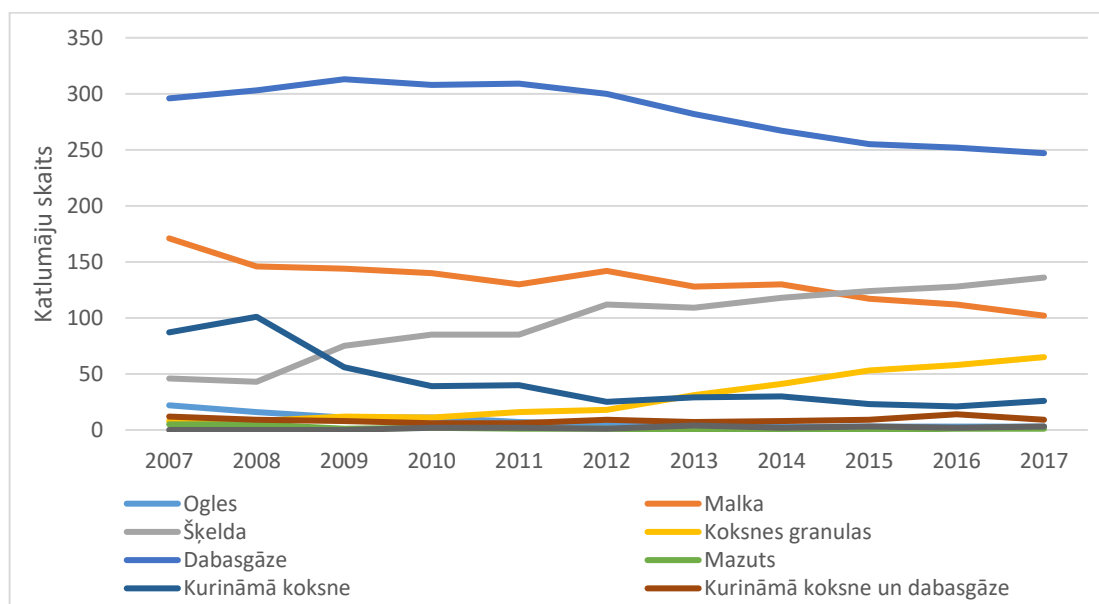
1.7. att. Katlumāju uzstādītās siltumenerģijas jaudas izmaiņas no 2009. līdz 2017. gadam

Atbilstoši 2017. gada datiem divi galvenie katlumājās izmantotie kurināmā veidi ir šķelda un dabasgāze (1.8. att.), kas uzstādītās siltumenerģijas jaudas ziņā ieņem gandrīz vienādu lomu. Dabasgāzes un šķeldas katlumājas veido 82 % no visām katlumājām.



1.8. att. Katlumāju uzstādītā siltumenerģijas jauda pēc patērētā kurināmā veida, MW

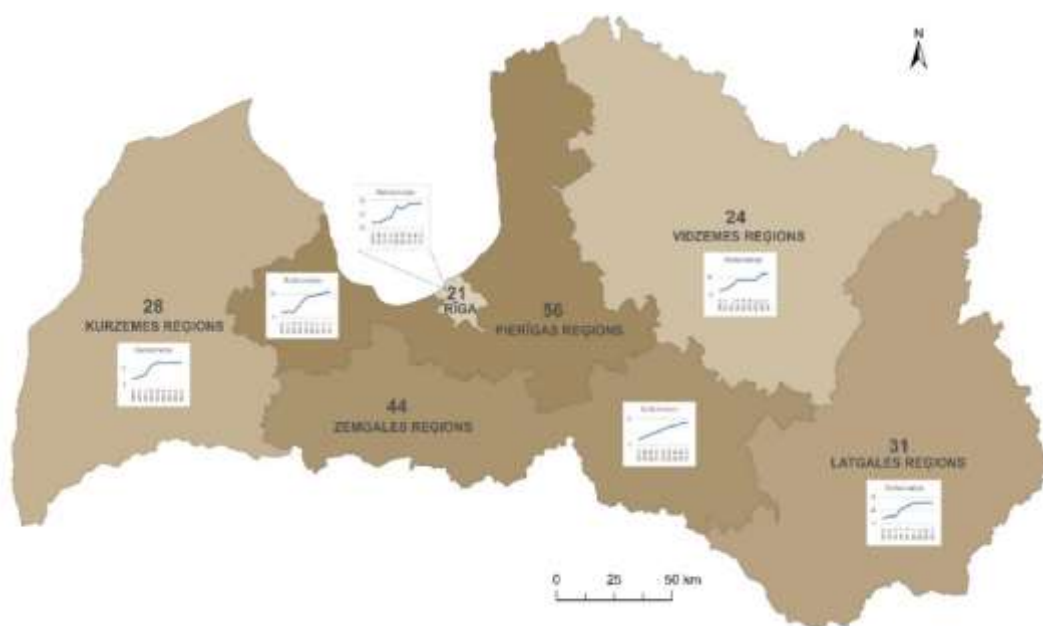
Vērtējot katlumāju skaita mainību laikā pēc izmantotā kurināmā veida (1.9. att.), vērojams, ka dabasgāzes katlumāju skaits kopš 2011. gada samazinās. Tikmēr šķeldas katlumāju skaits audzis no 46 katlumājām 2007. gadā līdz 136 katlumājām 2017. gadā. Audzis arī koksnes granulu katlumāju skaits. Savukārt malkas un kurināmās koksnes katlumāju skaits pakāpeniski samazinās.



1.9. att. Katlumāju skaits pēc kurināmā veida no 2007. līdz 2017. gadam

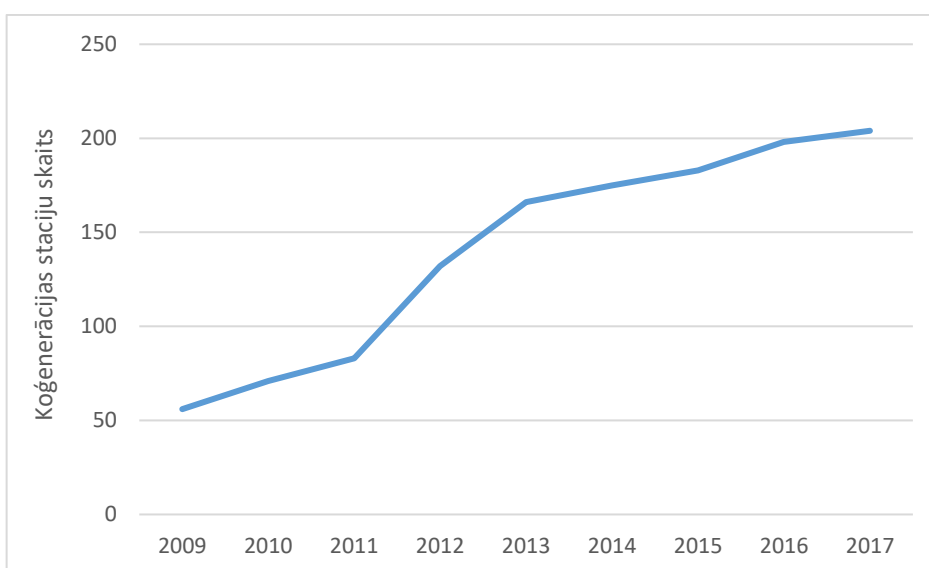
2.2. Koģenerācijas stacijas

Tāpat kā katlumāju skaits arī koģenerācijas staciju skaits 2017. gadā vislielākais bija Pierīgas reģionā (56 stacijas) (1.10. att.). Visos reģionos pēdējo gadu laikā kopumā raksturīgs salīdzinoši vienmērīgs koģenerācijas staciju skaita kāpums.



1.10. att. Koģenerācijas staciju skaits 2017. gadā (ĢIS pamatne)

Latvijā koģenerācijas staciju skaits no 2009. līdz 2017. gadam ir palielinājies gandrīz par 4 reizēm (1.11. att.), attiecīgi no 56 līdz 204 stacijām.



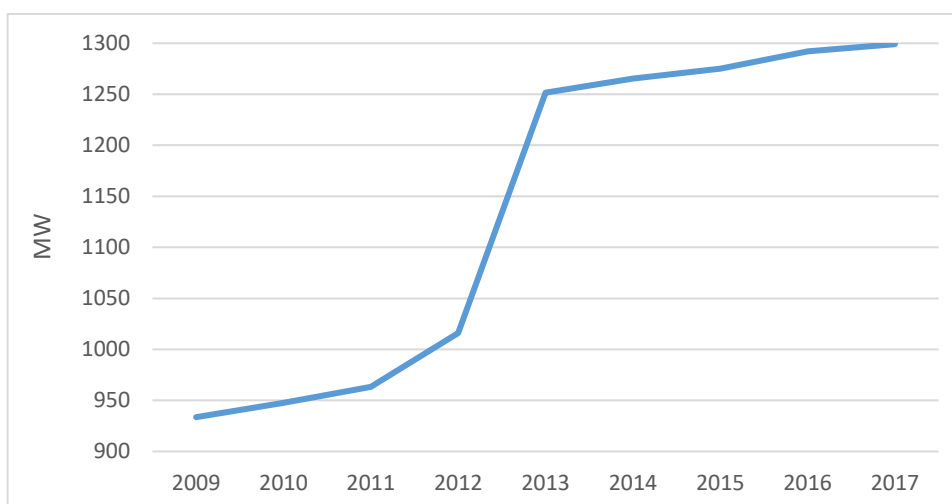
1.11. att. Koģenerācijas staciju skaita izmaiņas no 2009. līdz 2017. gadam

Vislielākā koģenerācijas stacijām uzstādītā elektriskā jauda 2017. gadā bija Rīgā (1059 MW) un veidoja 82 % no kopējās koģenerācijas staciju jaudas Latvijā (1.12. att.). Visos statistiskajos reģionos no 2009. līdz 2017. gadam vērojams koģenerācijas staciju uzstādītās jaudas kāpums.



1.12. att. Koģenerācijas staciju uzstādītā elektriskā jauda 2017. gadā, MW (ĢIS pamatne)

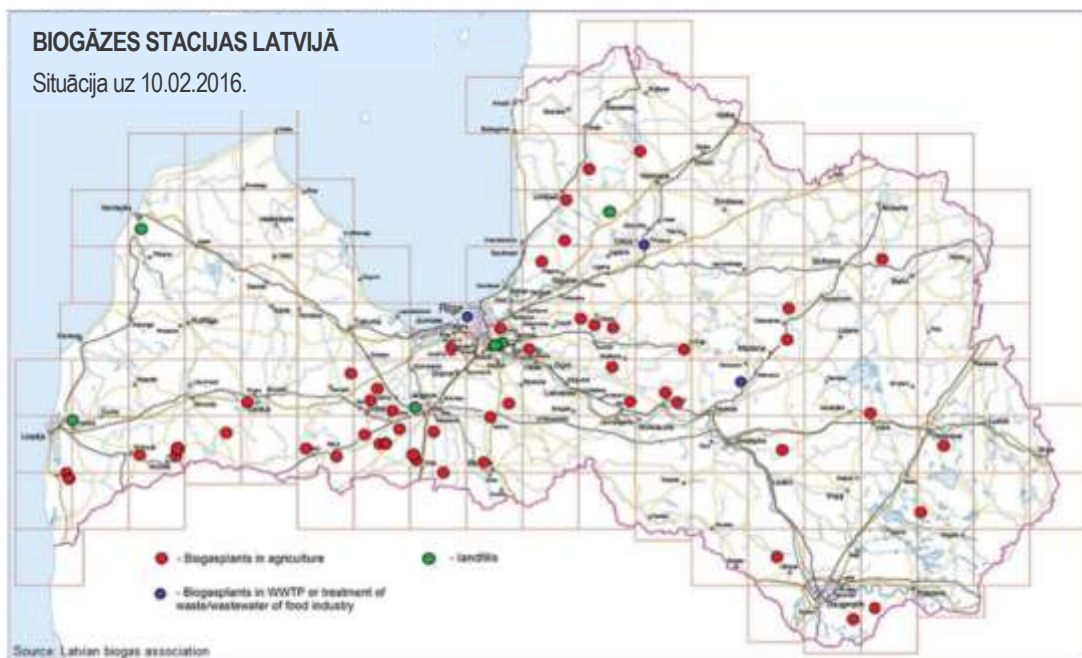
Kopējā koģenerācijas staciju uzstādītā elektriskā jauda augusi no 934 MW 2009. gadā līdz 1299 MW 2017. gadā (1.13. att.). Visstraujākais kāpums raksturīgs laika posmā no 2012. līdz 2013. gadam, kad koģenerācijas staciju jauda pieauga par 235,5 MW jeb 23 %.



1.13. att. Koģenerācijas staciju uzstādītās elektriskās jaudas izmaiņas no 2009. līdz 2017. gadam

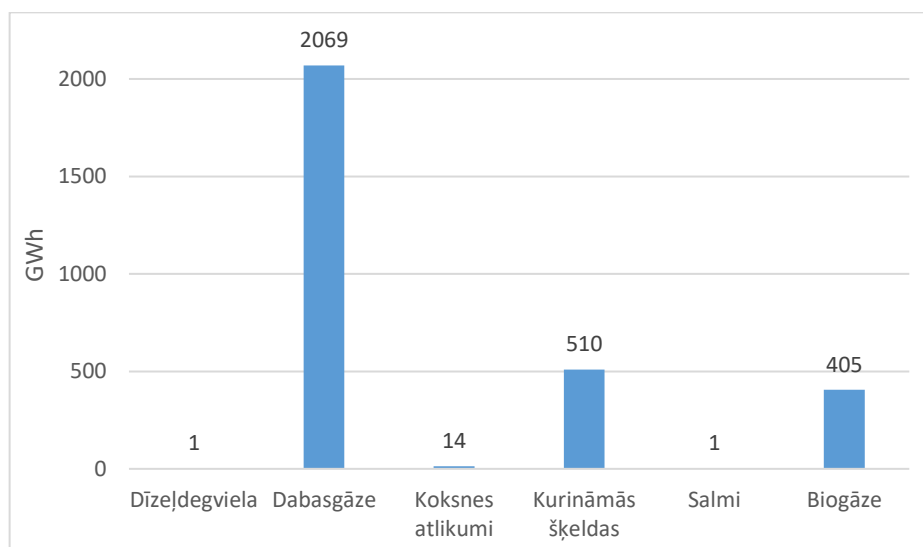
Kopumā 2017. gadā koģenerācijas stacijās tika saražotas 3000,1 GWh elektroenerģijas jeb 40 % no kopējā saražotā elektroenerģijas daudzuma Latvijā. Tīkmēr hidroelektrostacijās (HES) un vēja elektrostacijās (VES) 2017. gadā tika saražota 4351 GWh elektroenerģijas, no kurām 97 % saražoja HES, bet 3 % – VES. Saražotās elektroenerģijas īpatsvars no atjaunojamiem energoresursiem koģenerācijas stacijās pēdējo gadu laikā palielinās, un 2017. gadā tas sasniedza 31 %. Atjaunojamo energoresursu koģenerācijas staciju uzstādītā elektriskā jauda kopš 2008. gada ir augusi par 15 reizēm, un 2017. gadā tā bija 155 MW (Centrālā statistikas pārvalde (1), 2018).

Atsaucoties uz Eurostat un EBA (*European Biogas Association*) datiem, biogāzes koģenerācijas staciju skaits no 2011. līdz 2016. gadam pieauga no 15 līdz 59. Dati liecina, ka galvenokārt tiek izmantotas enerģētiskās kultūras (ap 75 %), kamēr pārējās izejvielas ir atlieku un atkritumu sajaukums. Šobrīd pastāv 59 biogāzes koģenerācijas stacijas ar kopējo jaudu 60,62 MW. 1.14. attēls parāda biogāzes koģenerācijas staciju izplatību Latvijā 2016. gadā (European Biogas Association, 2018).



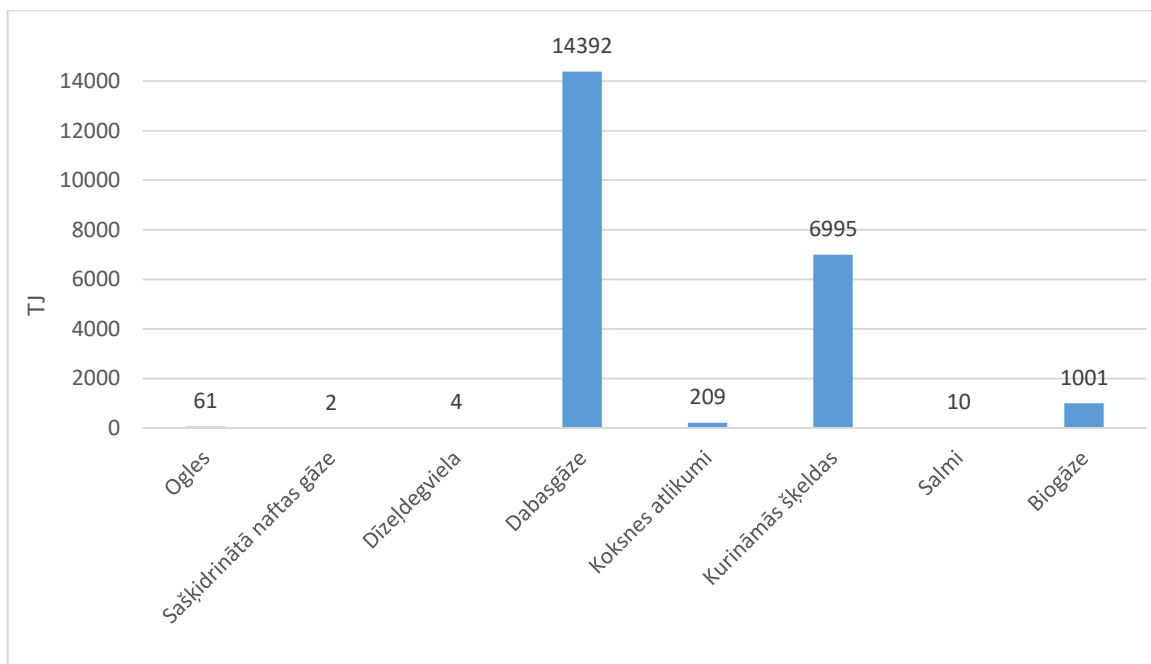
1.14. att. Biogāzes koģenerācijas staciju izplatība Latvijā (European Biogas Association, 2018)

Dominējošais kurināmā resurss Latvijas koģenerācijas stacijās elektroenerģijas ražošanai 2017. gadā bija dabasgāze (1.15. att.). Aptuveni 4 reizes mazāk elektroenerģijas iegūšanai tika izmantota kurināmā šķeldas, bet 5 reizes mazāk – biogāze.



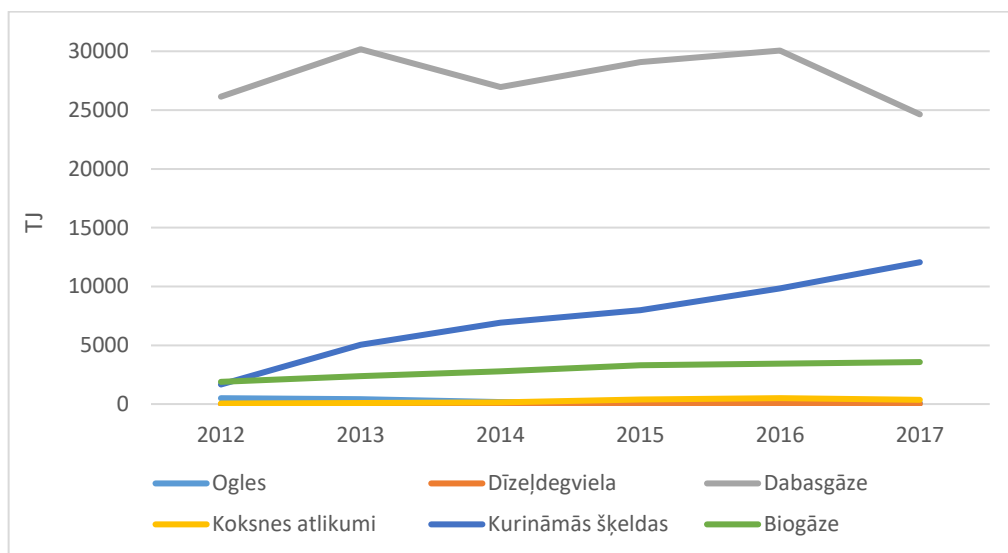
1.15. att. Koģenerācijas stacijās 2017. gadā saražotā elektroenerģija pa kurināmā veidiem, GWh

Arī siltumenerģijas ražošanā koģenerācijas stacijās galvenais resurss bija dabasgāze (1.16. att.). Aptuveni 2 reizes mazāk tika izmantota kurināmā šķeldas, kamēr ievērojami mazāku, bet svarīgu lomu ieņēma arī biogāze.



1.16. att. Koģenerācijas stacijās 2017. gadā saražotā siltumenerģija pa kurināmā veidiem, TJ

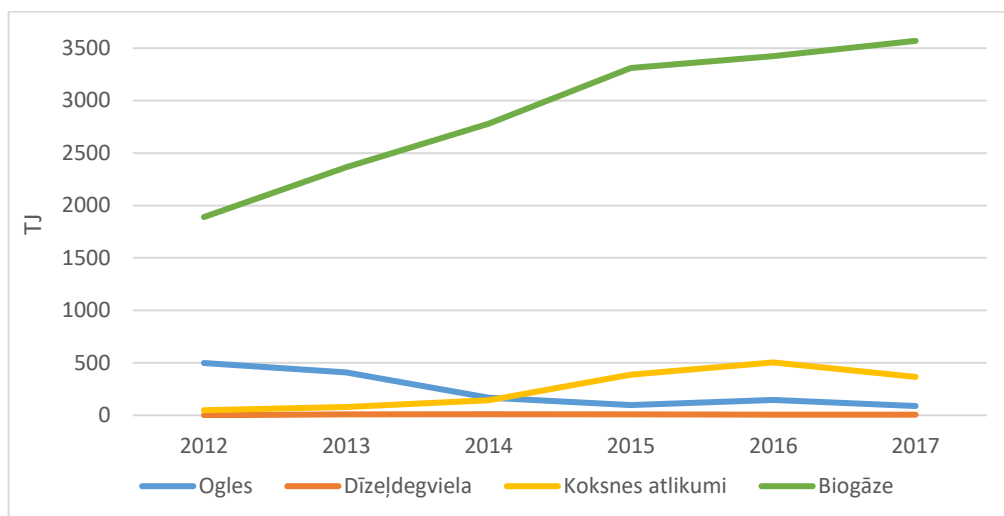
Analizējot koģenerācijas stacijās patērētā kurināmā daudzumu pēdējo gadu laikā (1.17. att.), vērojams, ka dabasgāzes izmantošana 2017. gadā salīdzinot ar 2012. gadu ir samazinājusies par aptuveni 1500 TJ. Tikmēr kurināmās šķeldas izmantošana laikā no 2012. līdz 2017. gadam ir pakāpeniski augusi.



1.17. attēls. Koģenerācijas stacijās patērētais kurināmais no 2012. līdz 2017. gadam, TJ

Savstarpēji salīdzinot mazāk izmantoto kurināmo mainību laikā (1.18. att.), vērojams, ka biogāzes izmantošana koģenerācijas stacijās no 2012. līdz 2017. gadam pieaugusi par gandrīz divām reizēm,

attiecīgi no 1890 TJ līdz 3570 TJ. Arī koksnes atlikumu izmantošana kopumā pieaug, savukārt ogles tiek izmantotas arvien mazāk.



1.18. att. Mazāk izmantoto kurināmo patēriņš koģenerācijas stacijās no 2012. līdz 2017. gadam, TJ

Latvijas lielākās koģenerācijas stacijas koncentrējas Rīgā un to galvenais kurināmā veids ir dabasgāze. Izteikts dabasgāzes lietojuma pārsvars raksturīgs arī Latgales reģionā, kamēr pārējā Latvijas daļā nozīmīgu lomu ieņem arī šķelda, malka un biogāze.

2.3. Hidroelektrostacijas

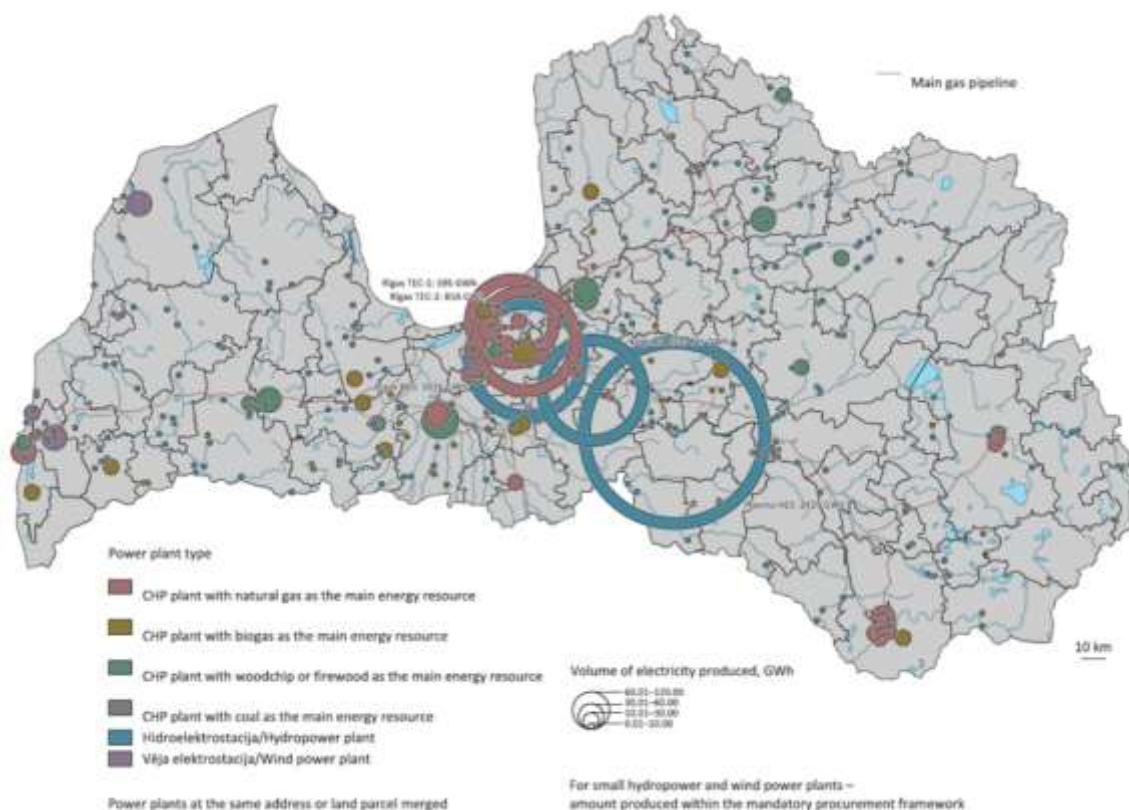
Saskaņā ar pārvades sistēmas operatora AS "Augstsprieguma tīkls" publicētajiem datiem 2017. gadā neto elektroenerģijas patēriņš Latvijā bija 7 282 170 MWh, vidējā elektroenerģijas apmaiņas cena samazinājās līdz 34,68 €/MWh un lokāli saražotā elektroenerģija (7 346 336 MWh) nosedza Latvijas elektroenerģijas patēriņu par 101 % (Tabula 1.2) (AS "Augstsprieguma tīkls" (1), 2018).

Tabula 1.2

Latvijā saražotā elektroenerģija

	HES	Termoelektro- stacijas	VES ar pārvadi	Atjaunojamie un atbalstāmie elektroenerģijas ģeneratori	Kopējais saražotās elektroenerģijas daudzums Latvijā
2017, MWh	4 246 004	1 499 672	54 023	1 546 637	7 346 336
2016, MWh	2 436 885	2 276 264	52 269	1 465 838	6 231 256

Daugavas trīs HES saražotās elektroenerģijas apjoma dēļ hidroenerģija tiek uzskatīta par vadošo atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju Latvijā (1.19. attēls) (Centrālā statistikas pārvalde (2), 2018).



1.19. att. Latvijā saražotā elektroenerģija (2017)

1.19. attēls skaidri parāda, ka svarīgākā loma Latvijas atjaunojamās elektroenerģijas ražošanā ir HES, jo HES ir lielākās elektroenerģijas ražotājas.

2.4. Citi energoavoti

2.4.1. Vēja elektrostacijas

Kopējā vēja turbīnu uzstādītā jauda Latvijas teritorijā ir nedaudz virs 60 MW. Šī jauda tiek uzskatīta par mazu, salīdzinot ar Igauniju, kur uzstādītā jauda ir vairāk kā 300 MW (pēc Igaunijas Vēja Enerģijas Asociācijas datiem) un Lietuvu, kur uzstādītā jauda ir vairāk kā 500 MW (pēc Eiropas Vēja Enerģijas Asociācijas datiem), kur vēja enerģijai elektroenerģijas bilancē ir lielāka loma.

Latvijā uzstādītā vēja enerģijas jauda nodrošina aptuveni 1,8 % no patērētās elektroenerģijas (Āboltiņš, Vēja enerģijas izmantošanai Latvijā nākotnē ir labas perspektīvas, bez datuma).

Atsaucoties uz AS "Augstsprieguma tīkls" informāciju, 2018. gada pēdējā ceturksnī VES īpatsvars elektroenerģijas ražošanā Latvijas kopējā elektroenerģijas bilancē dubultojās (AS "Augstsprieguma tīkls" (2), 2018).

2018. gada pēdējā ceturksnī vēja enerģijas īpatsvars kopējā enerģijas bilancē bija 4,3 % jeb 16 381 MWh septembrī un 4,1 % jeb 15 851 MWh oktobrī. Straujais saražotās vēja enerģijas kāpums skaidrojams ar pirmajām rudens vētrām, kā arī ar ūdens krājumu samazināšanos Daugavas upē, kas samazināja HES saražoto enerģiju un palielināja vēja enerģijas īpatsvaru.

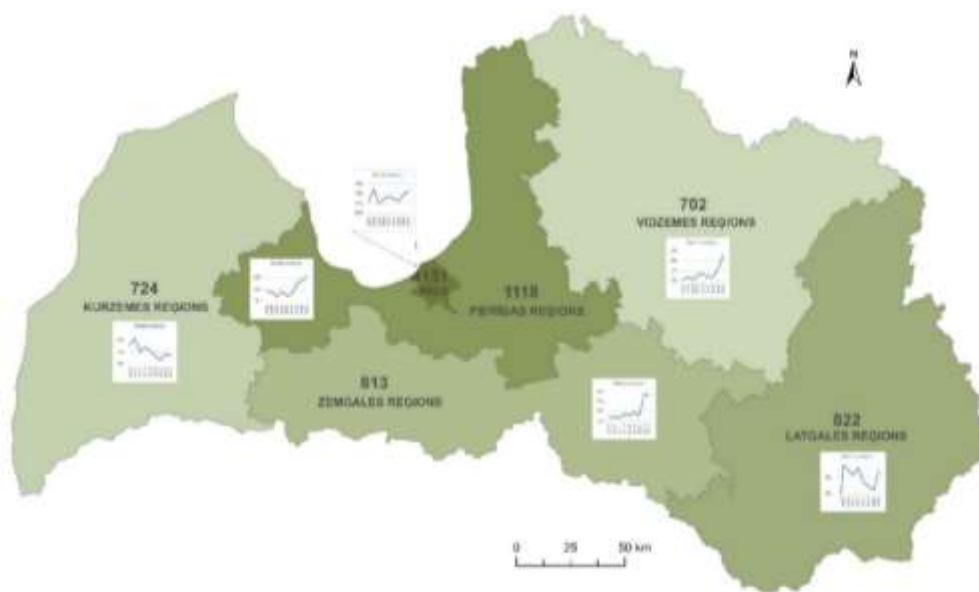
2.4.2. Saules paneļu sistēmas

Latvijā ir gandrīz tik pat daudz saules enerģijas resursu kā Vācijā (1757 h/gadā). Tomēr ar saules paneļiem saražotais elektroenerģijas apjoms ir atšķirīgs. Latvijā uzstādītā saules enerģijas jauda 2016. gadā bija 2 MW (National Meteorological Agencies, 2018).

2.5. Saražotā siltumenerģija

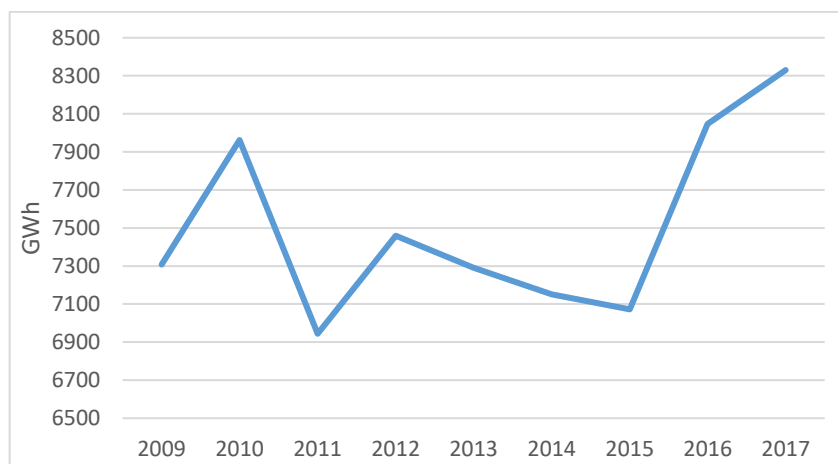
Visvairāk siltumenerģijas 2017. gadā tika saražots Rīgas statistiskajā reģionā (4151 GWh) (1.20. att.), kas veidoja aptuveni 50% no Latvijā saražotās siltumenerģijas. Gandrīz 4 reizes mazāk siltumenerģijas tika saražots Pierīgas reģionā (1118 GWh), taču pārējos statistiskajos reģionos saražotās siltumenerģijas apjoms bija vēl mazāks un savstarpēji līdzīgāks. Pierīgas, Zemgales un Vidzemes reģionos kopš 2009. gada saražotās siltumenerģijas apjoms ir ievērojami audzis, kamēr Kurzemes reģionā tas kopumā ir samazinājies.

Kopumā 2017. gadā tika saražotas 8328,7 GWh siltumenerģijas. No tām 76 % jeb 6301,7 GWh tika saražotas koģenerācijas stacijās, bet pārējie 24 % jeb 2027 GWh – katlumājās (CSP datubāze, bez datuma).



1.20. att. Saražotā siltumenerģija 2017. gadā, GWh (GIS pamatne)

Pēdējos gados saražotās siltumenerģijas apjomam Latvijā ir mainīgs raksturs (1.21. att.), taču no 2015. līdz 2017. gadam tas ir strauji audzis, attiecīgi no 7072 GWh līdz 8330 GWh, kas galvenokārt skaidrojams ar koģenerācijas staciju darbības attīstību.



1.21. att. Saražotās siltumenerģijas izmaiņas no 2009. līdz 2017. gadam

3. Atjaunojamās enerģijas potenciāls Latvijā

3.1. Atjaunojamo un vietējo energoresursu izplatība

Lai plānotu teritoriāli vienotu atjaunojamās enerģijas attīstību un līdz ar to arī resursu efektīvu izmantošanu, ir svarīgi apzināt resursu telpisko izplatību. Šajā apakšnodaļā sniegta galveno vietējo un atjaunojamo energoresursu telpiskās izplatības analīze. Tā balstīta divos līmeņos – pašvaldību līmenī (novadi un republikas pilsētas) un reģionu līmeni (statistiskie reģioni). Analīze pašvaldību līmenī sniedz iespēju novērtēt katras pašvaldības individuālās iespējas izmantot tajā pieejamos resursus, kā arī spriest par potenciālajām sadarbības iespējām ar kaimiņu pašvaldībām. Savukārt analīze reģionu līmenī sniedz vienkāršotu ieskatu par resursu izplatību Latvijā un var būt noderīga, plānojot reģionu attīstību. Turklāt pēc plānotās novadu reformas resursu analīzei reģionu līmenī būs īpaši svarīga nozīme.

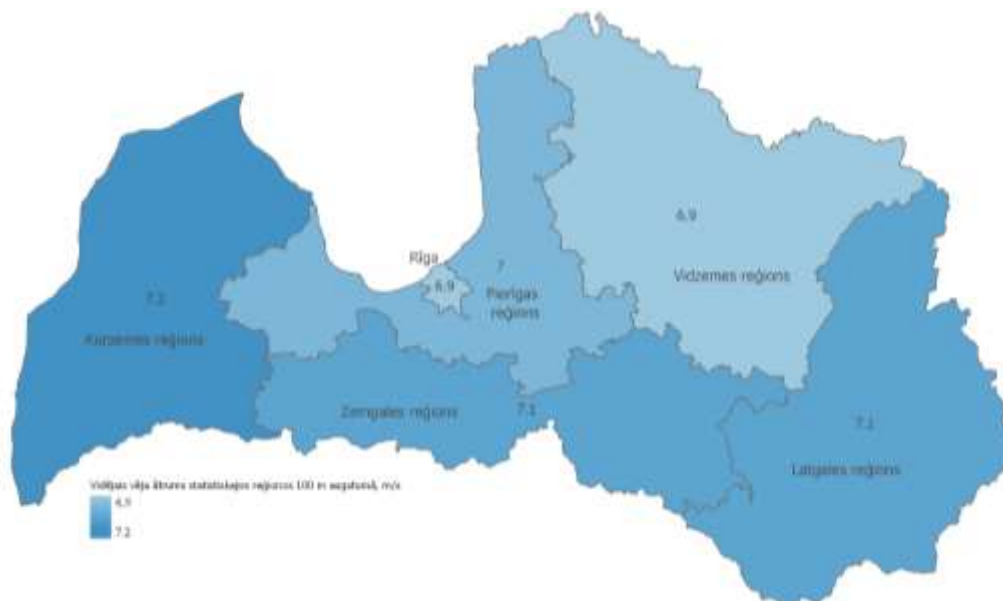
Kā galvenie resursi atjaunojamās enerģijas attīstībai nodaļā tiek apskatīti: saules enerģija, vēja enerģija, kā arī vairāki bioresursu veidi – notekūdeņu dūņas, kūstmēsli, salmi un koksne. Ņemot vērā purvu salīdzinoši plašo izplatību Latvijas teritorijā, nodaļā apskatīta arī kūdras kā vietējā energoresursa izplatība. Pieņemot, ka lielākais hidroenerģijas potenciāls Latvijā jau tiek realizēts (Ekonomikas ministrija, 2011), šī pētījuma ietvaros hidroenerģijas plašāka izmantošana netiek apsvērta. Par potenciālu resursu enerģētikā uzskatāmas arī aļģes, tomēr, ņemot vērā, ka to resursi ir grūti apzināmi, kā arī pastāv iespējas to kultivēšanai, šajā pētījuma aļģes kā resurss telpiski netiek vērtētas. Tāpat par daudzsološu atjaunojamo energoresursu uzskatāmi mājstaimniecību atkritumi, taču, ņemot vērā telpisko datu pa atkritumu veidiem ierobežoto pieejamību, kā arī to, ka šobrīd enerģijas ieguve no atkritumiem vēl ir viens no dārgākajiem enerģijas ieguves veidiem (Mohammadi & Harjunkoski, 2020), šajā nodaļā atkritumu kā resursa telpiskā izplatība netiek analizēta.

3.2. Vēja enerģijas resursi

Gan sauszemes, gan atkrastes vējš Latvijā ir pietiekams vēja enerģijas iegūšanai. Latvijā dominē rietumu un dienvidrietumu vēji. Latvijas ģeogrāfiskais novietojums, kā arī Baltijas jūras krasts un Rīgas līcis rada piemērotus apstākļus vēja enerģijas izmantošanai. Latvijas līdzenais reljefs sniedz iespēju vēja enerģiju izmantot ne tikai jūrā, bet arī iekšzemē.

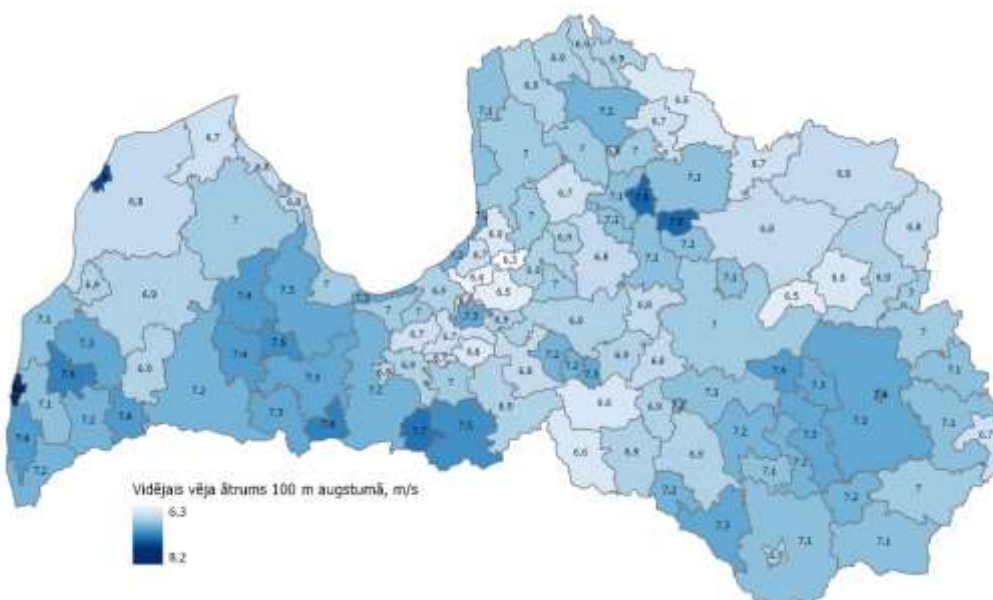
Lai raksturotu vēja enerģijas telpisko potenciālu Latvijā, apkopoti dati par vidējo vēja ātrumu statistiskajos reģionos un pašvaldībās. Dati iegūti no Dānijas Tehniskās universitātes un Pasaules Bankas Grupas izstrādātā rīka *Global Wind Atlas* (Technical University of Denmark, World Bank Group, bez datuma), kurā izmantoti vēja klimatiskie dati par laika periodu no 2008. līdz 2017. gadam. Ņemot vērā aktuālos vēja turbīnu augstumus, šajā pētījumā izmantoti dati par vēja ātrumu 100 m augstumā.

1.22. attēlā vērojams, ka vislielākais vidējais vēja ātrums raksturīgs Kurzemes reģionā (7,2 m/s), nedaudz mazāks ātrums raksturīgs Zemgales un Latgales reģionos (7,1 m/s), kamēr vismazākais vidējais vēja ātrums raksturīgs Vidzemes reģionā un Rīgā (6,9 m/s).



1.22. att. Vidējais vēja ātrums statistiskajos reģionos 100 m augstumā, m/s (ĢIS pamatne, datu avots: *Global Wind Atlas* (Technical University of Denmark, World Bank Group, bez datuma))

Apskatot vēja ātrumu pašvaldību griezumā (1.23. att.), vērojams, ka lielākais vidējais vēja ātrums ir Liepājā (8,2 m/s), kam seko Ventspils (8,0 m/s) un Raunas novads (7,8 m/s). Savukārt zemākās vidējās vēja ātruma vērtības raksturīgas Pierīgas reģionā esošajās pašvaldībās – Inčukalna novadā (6,3 m/s), Garkalnes novadā (6,4 m/s) un Ropažu novadā (6,5 m/s), kā arī Vidzemes reģionā esošajā Lubānas novadā (6,5 m/s). Kopumā pašvaldības ar lielāku vidējo vēja ātrumu koncentrējas Kurzemē, Zemgales rietumu daļā un Latgales centrālajā daļā.



1.23. att. Vidējais vēja ātrums novados 100 m augstumā, m/s (ĢIS pamatne, datu avots: *Global Wind Atlas* (Technical University of Denmark, World Bank Group, bez datuma))

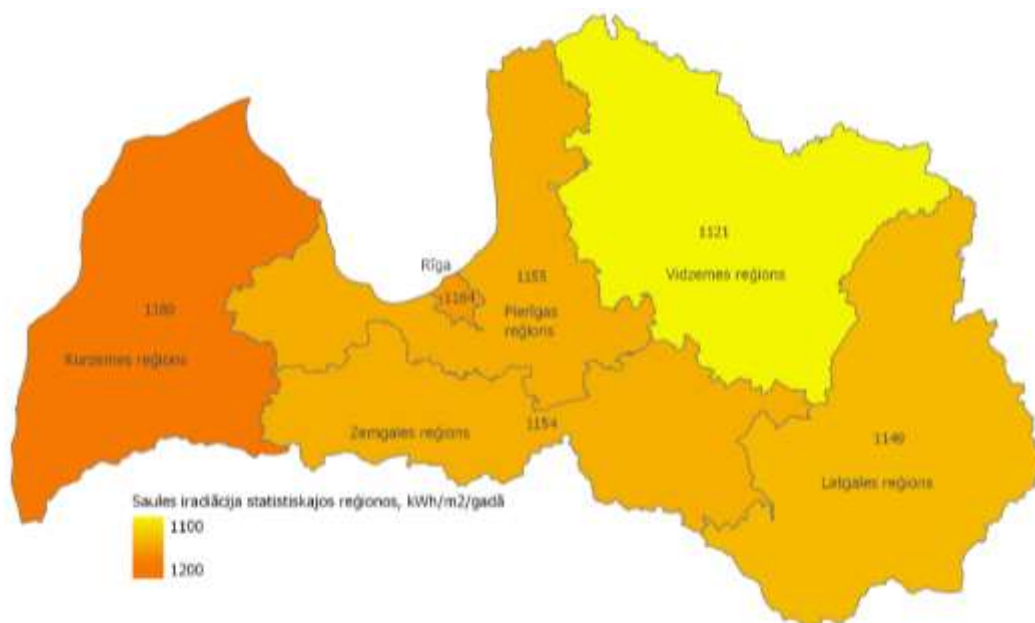
3.3. Saules enerģijas resursi

Latvijā saule spīd aptuveni 1700-2000 stundas gadā (vidēji 1757 stundas), kas, salīdzinot ar citam Eiropas valstīm, vērtējams kā vidējs rādītājs. Vislielākais saules spīdēšanas ilgums ir jūlijā (aptuveni 300

stundas), vismazākais – decembrī (aptuveni 25 stundas jeb mazāk nekā stundu dienā) (LVĢMC, bez datuma).

Lai spriestu par saules iradiācijas atšķirībām Latvijas statistiskajos reģionos un pašvaldībās, tika izmantoti Eiropas Komisijas Fotovoltaiškās ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (PVGIS) dati (European Commission, 2019). Saules enerģijas resursu izteikšanai izmantoti gada dati par iradiāciju plaknē pie 35° krituma leņķa.

1.24. attēlā vērojams, ka vislielākā saules iradiācijas intensitāte ir Kurzemes reģionā (1180 kWh/m²/gadā), savukārt vismazākā – Vidzemes reģionā (1121 kWh/m²/gadā).



1.24. att. Saules iradiācija statistiskajos reģionos, kWh/m²/gadā (ĢIS pamatne, datu avots: Eiropas komisijas Fotovoltaiškās ģeogrāfiskās informācijas sistēma (European Commission, 2019))

Vizualizējot datus pašvaldību griezumā (1.25. att.), vērojams, ka vislielākā saules iradiācijas intensitāte ir Kurzemes piekrastē – Liepājā (1268 kWh/m²/gadā), Nīcas novadā (1250 kWh/m²/gadā), Ventspilī (1235 kWh/m²/gadā), Pāvilostas novadā (1222 kWh/m²/gadā), Rucavas novadā (1218 kWh/m²/gadā) un Grobiņas novadā (1212 kWh/m²/gadā), kā arī Vidzemes piekrastē Salacgrīvas novadā (1215 kWh/m²/gadā). Pasažvaldības ar mazāko saules iradiācijas intensitāti koncentrējas Vidzemes reģionā. Vismazākās vērtības raksturīgas Valkas novadā (1100 kWh/m²/gadā), Cēsu novadā (1104 kWh/m²/gadā), kā arī Līgatnes, Priekule un Vecpiebalgas novados (1009 kWh/m²/gadā).



1.25. att. Saules iradiācija pašvaldībās, kWh/m²/gadā (ĢIS pamatne, datu avots: Eiropas komisijas Fotovoltiskās ģeogrāfiskās informācijas sistēma (European Commission, 2019))

3.4. Biomases resursi

3.4.1. Notekūdeņu dūņas

Lielākā daļa Latvijā saražoto notekūdeņu dūņu tiek uzglabātas un netiek izmantotas. Taču dūņas ir potenciāls atjaunojamās enerģijas avots. No dūņām iegūto biogāzi iespējams izmantot apkurei, iekšdedzes dzinējos automašīnās un elektroenerģijas ražošanai (Latvijas Biotehnoloģijas asociācija, 2015).

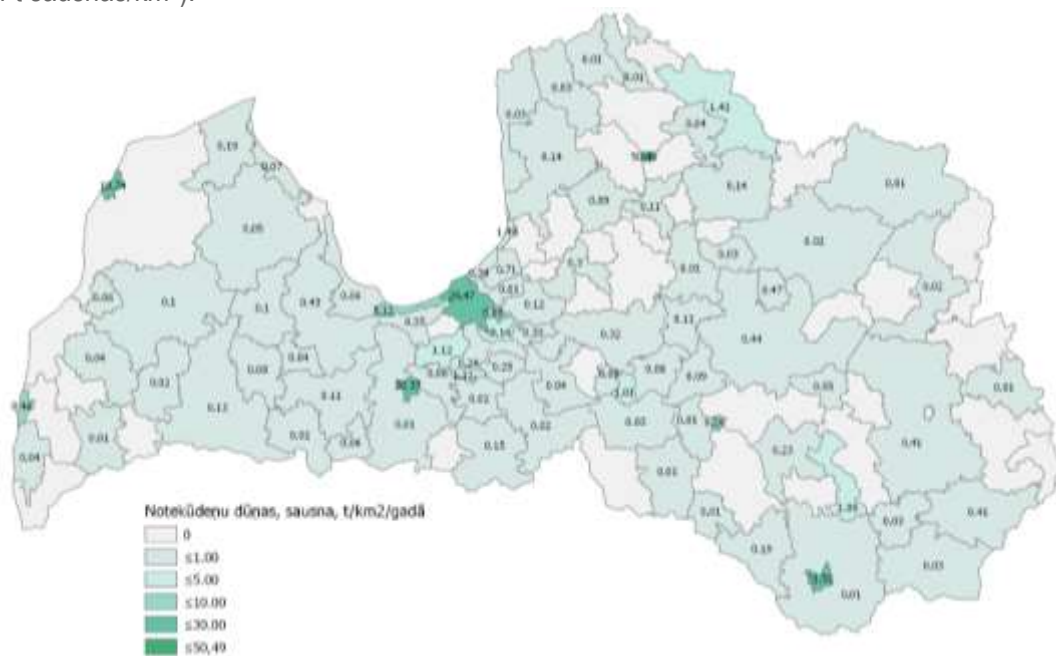
Dati par saražotajām notekūdeņu dūņām iegūti no Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centra 2-Ūdens 2018. gada kopsavilkuma (LVĢMC, 2019). Dūņu daudzums izteikts sausnā.

Nemot vērā, ka saražoto dūņu apjoms ir tieši atkarīgs no patērēta ūdens daudzuma, lielākais dūņu daudzums raksturīgs pilsētās (kas skaidri attēlojas pašvaldību līmeņa griezumā 1.27. attēlā). Attiecīgi, vērtējot datus statistisko reģionu līmenī (1.26. att.), izteikti liels saražoto dūņu apjoms 2018. gadā bija raksturīgs Rīgā (29,47 t sausas/km²). Savstarpēji salīdzinot pārējos reģionus, vērojams, ka Pierīgas reģions ir otrajā vietā pēc saražoto dūņu apjoma (0,35 t sausas/km²), savukārt vismazāk dūņu 2018. gadā tika saražots Kurzemes reģionā (0,17 t sausas/km²) un Zemgales reģionā (0,18 t sausas/km²).



1.26. att. Notekūdeņu dūņu resursi statistiskajos reģionos 2018. gadā, t sausnas/km² (GIS pamatne, datu avots: Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs (LVĢMC, 2019))

Apskatot dūņu resursus pašvaldību griezumā (1.27. att.), vērojams, ka būtiski vairāk dūņu nekā Rīgā (29,47 t sausnas/km²) 2018. gadā tika saražots Valmierā (50,49 t sausnas/km²). Pēc saražoto dūņu daudzuma Rīgai sekoja Daugavpils (21,55 t sausnas/km²), Jelgava (20,37 t sausnas/km²) un Ventspils (18,74 t sausnas/km²).



1.27. att. Notekūdeņu dūņu resursi pašvaldībās 2018. gadā, t sausnas/km² (GIS pamatne, datu avots: Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs (LVĢMC, 2019))

3.4.2. Kūtsmēsli

Kūtsmēsļu fermentācija kā metode bioenerģijas iegūšanai pasaulē kļūst arvien populārāka. Teorētiski fermentācijā var tikt izmantoti jebkāda veida kūtsmēsli vai to organiskie blakusprodukti. Bieži vien uzņēmumi, kas darbojas šajā jomā, kūtsmēsliem pievieno arī citus lauksaimniecības atlikumus. Fermentācijas procesā no kūtsmēsliem rodas metāns (55–65 %) un oglekļa dioksīds (35–40 % (Asveld, van Est, & Stemerding, 2011)). Latvijā 2017. gadā organizācijās, kas atskaitās ar Valsts statistisko pārskatu “3-Parskats par atkritumiem” tika saražota 451 921 tonna kūtsmēsļu (Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs, 2018).

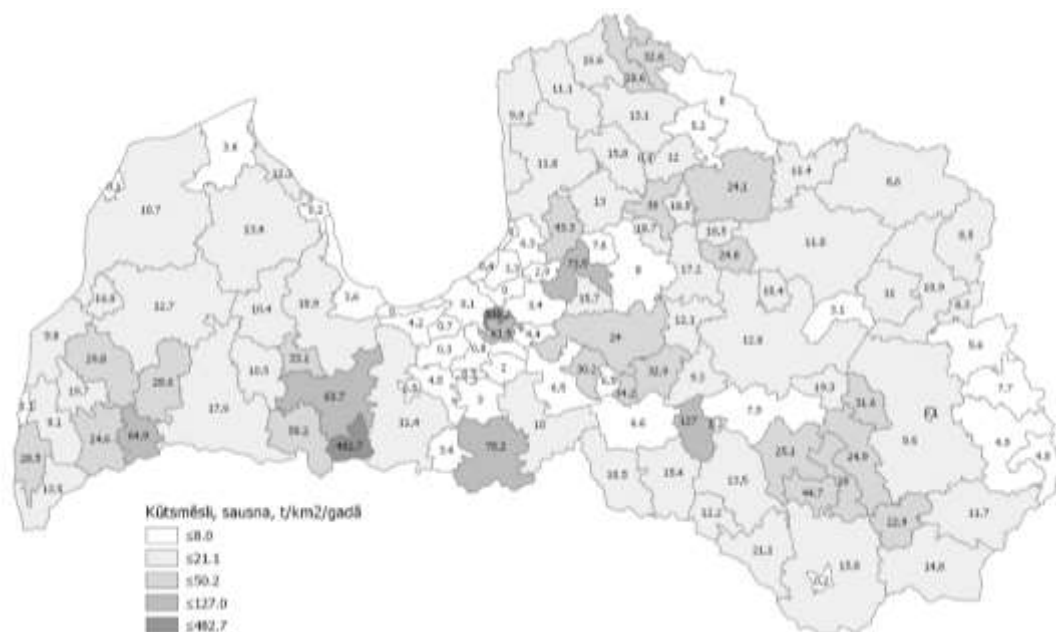
Dati par kūtsmēsļu daudzumu iegūti, izmantojot Lauksaimniecības datu centra publiskās datubāzes datus par dzīvnieku skaitu pašvaldībās 2019. gadā (Lauksaimniecības datu centrs, 2020). Aprēķinos izmantoti dati par liellopu un cūku kūtsmēsliem, ņemot vērā, ka šo dzīvnieku kūtsmēsli biogāzes ražošanai tiek izmantoti visvairāk. Lai aprēķinātu iegūto kūtsmēsļu daudzumu, izmantoti LR Zemkopības ministrijas nacionālajā standartā “Kūtsmēsļu ieguve un apsaimniekošana” iekļautā informācija par kūtsmēsļu iznākumu uz vienu dzīvnieku (LR Zemkopības ministrija, 2008). Lai aprēķinātu sausnas daudzumu, izmantota minētajā dokumentā sniegtā kūtsmēsļu klasifikācija. Atsaucoties uz šo klasifikāciju, cietie pakaisu kūtsmēsli ir kūtsmēsli, kuros ir vismaz 15 % sausnas, savukārt šķidrie kūtsmēsli ir jebkurš cieta ekskrementu, urīna un ūdens maisījums, kura sausnas saturs ir no 3 līdz 8 %, līdz ar to aprēķinos izmantotas mazākās iespējamās sausnas vērtības, attiecīgi 15 % un 3 %.

Aplūkojot 2019. gadā saražoto kūtsmēsļu daudzumu reģionu līmenī (1.28. att.), vērojams, ka Zemgalē bija vismaz divas reizes vairāk kūtsmēsļu nekā citos reģionos – 35,4 t sausnas/km². Pārējos reģionos kūtsmēsļu daudzums bija savstarpēji līdzīgs, izņemot Rīgu, kur aptuvenais kūtsmēsļu daudzums bija tikai 100 kg sausnas/km².



1.28. att. Saražotais kūtsmēsļu daudzums statistiskajos reģionos 2019. gadā, t sausnas/km² (GIS pamatne, datu avots: Lauksaimniecības datu centrs un nacionālais standarts “Kūtsmēsļu ieguve un apsaimniekošana” (Lauksaimniecības datu centrs, 2020) (LR Zemkopības ministrija, 2008)

Datu vizualizācija pašvaldību griezumā liecina, ka visvairāk kūtsmēsļu 2019. gadā tika saražots Tērvetes novadā (482,7 t sausnas/km²), kam sekoja Stopiņu novads (306,7 t sausnas/km²) (1.29. att.). Kopumā saražoto kūtsmēsļu daudzuma vērtības pašvaldībās ir stipri atšķirīgas. Vairākās pašvaldībās atbilstoši Lauksaimniecības datu centra datiem kūtsmēsli netika iegūti (Saulkrastu novads, Garkalnes novads un Jūrmala) vai arī iegūtais apjoms bija niecīgs (piemēram, vairākās republikas pilsētās).



1.29. att. Saražotais kūtsmēslu daudzums pašvaldībās 2019. gadā, t saunas/km² (ĢIS pamatne, datu avots: Lauksaimniecības datu centrs un nacionālais standarts “Kūtsmēslu ieguve un apsaimniekošana” (Lauksaimniecības datu centrs, 2020) (LR Zemkopības ministrija, 2008)

3.4.3. Salmi

Pielietojot dažādas tehnoloģijas, no salmiem var iegūt elektroenerģiju un siltumenerģiju, kā arī cietās, gāzveida un šķidrās biodeģvielas, radot daudzveidīgu piedāvājumu enerģētikas tirgū (Wang, Li, Song, Duan, & Wang, 2018).

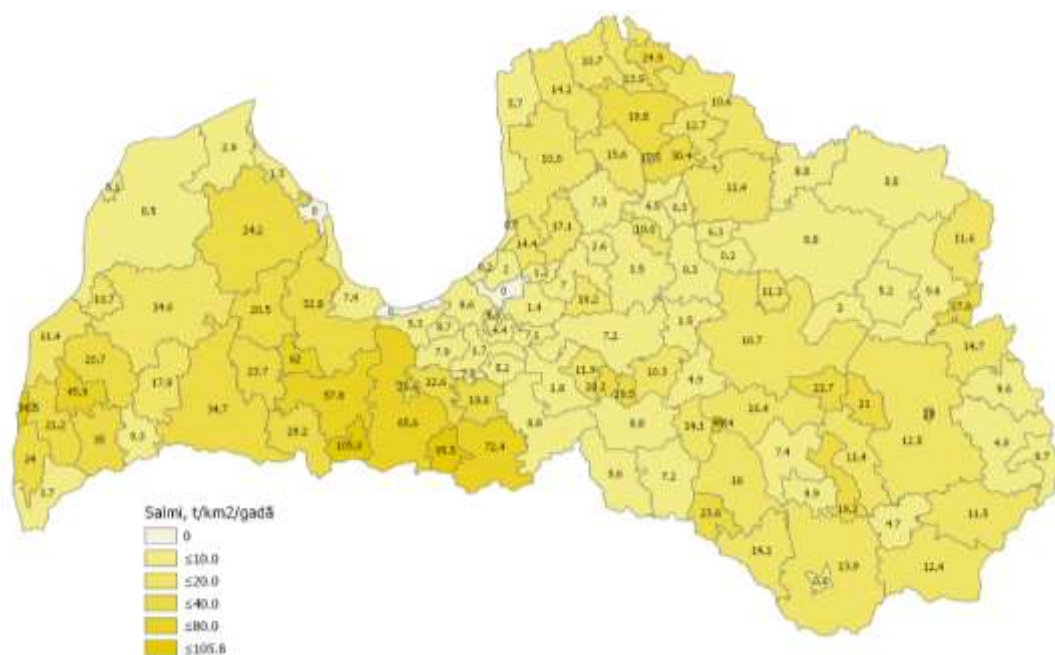
Dati par salmu ražu aprēķināti, izmantojot Lauku atbalsta dienesta datus par graudaugu kultūru platībām 2018. gadā (Lauku atbalsta dienests, 2018) un Centrālās statistikas pārvaldes datus par vidējo graudaugu ražu novados 2018. gadā (Centrālās statistikas pārvaldes datubāze, 2020). Aprēķini balstīti uz auzu, kviešu, miežu, rudzu, tritikāles un griķu ražu. Graudu un salmu attiecības noteikšanai izmantoti zinātniskajā literatūrā pieejamie dati par auzām, kviešiem, miežiem, rudziem un tritikāli (Rozakis, 2013) un par griķiem (Kara, 2014), savukārt dati par mitruma saturu pieņemti no Eiropas Komisijas vienotā pētniecības centra ekspertu konsultāciju protokola “Graudaugu salmu resursi bioenerģijai Eiropas Savienībā” (Joint Research Centre, 2007).

Aprēķini liecina, ka visvairāk salmu 2018. gadā tika saražots Zemgales reģionā (32,2 t saunas km²) (1.30. att.), kas pamatojams ar lielo lauksaimniecisko aktivitāti reģionā. Būtiski mazāk tika saražots Kurzemes reģionā (18,7 t saunas km²).



1.30. att. Saražotais salmu daudzums statistiskajos reģionos 2018. gadā, t sausnas/km²(ĢIS pamatne, datu avots: Lauku atbalsta dienests, Centrālā statistikas pārvalde un Eiropas Komisijas vienotais pētniecības centrs) (Lauku atbalsta dienests, 2018) (Centrālās statistikas pārvaldes datubāze, 2020) (Joint Research Centre, 2007)

Vērtējot saražoto salmu apjomu pašvaldību līmenī (1.31. att.), redzams, ka augstākās vērtības koncentrējas Zemgales rietumu daļā. Vislielākā salmu ražība 2018. gadā bija Tērvetes novadā (105,8 t sausnas/km²), tam sekoja Liepāja (96,5 t sausnas/km²) un Rundāles novads (95,5 t sausnas/km²). Savukārt Jūrmalā, Garkalnes novadā un Mērsraga novadā atbilstoši Lauku atbalsta dienesta datiem graudaugu ražas nebija vai arī tā bija niecīga.



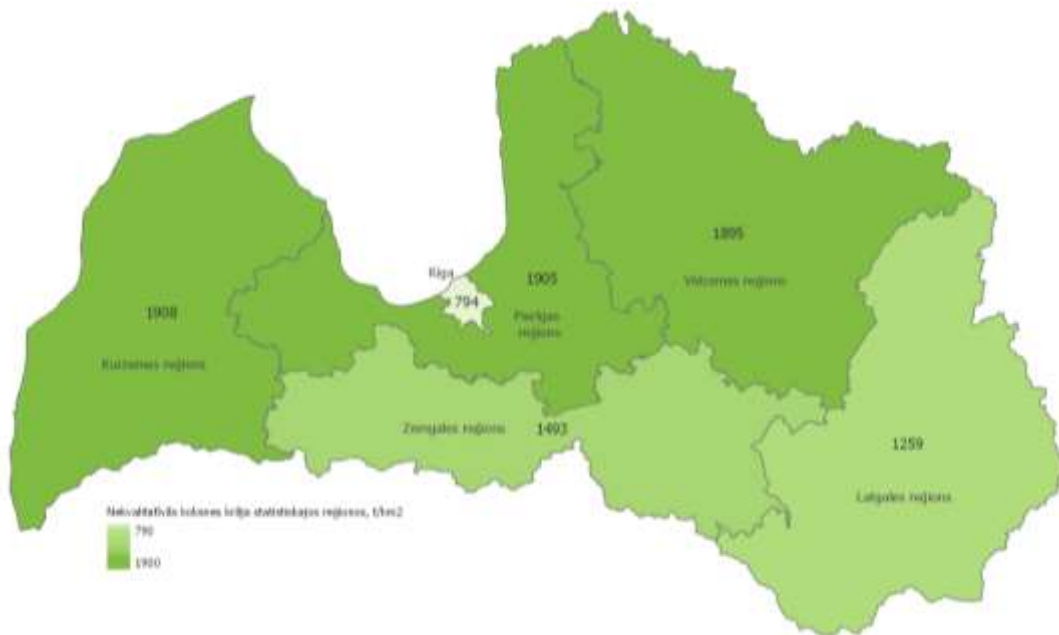
1.31. att. Saražotais salmu daudzums pašvaldībās 2018. gadā, t sausnas/km² (ĢIS pamatne, datu avots: Lauku atbalsta dienests, Centrālā statistikas pārvalde un Eiropas Komisijas vienotais pētniecības centrs) (Lauku atbalsta dienests, 2018) (Centrālās statistikas pārvaldes datubāze, 2020) (Joint Research Centre, 2007)

3.4.4. Nekvalitatīvā koksne

Nemot vērā augošo pieprasījumu pēc koksnes resursiem, kā arī bioekonomikas principus, saskaņā ar kuriem kvalitatīvā koksne primāri jāizmanto produktu ar augstu pievienoto vērtību ražošanai, šajā pētījumā par enerģētikas vajadzībām izmantojamu resursu uzskatīta nekvalitatīvā koksne.

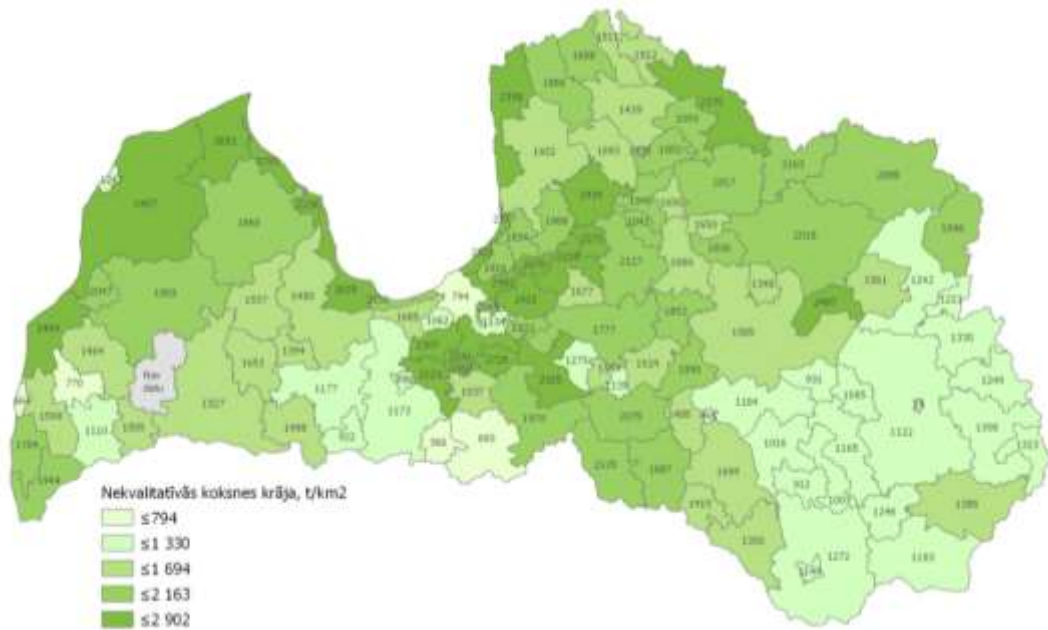
Dati par krājas daudzumu novados iegūti no Valsts meža dienesta Meža statistikas par 2019. gadu (Valsts meža dienests, 2019). Atsaucoties uz literatūrā sniegto informāciju, tiek pieņemts, ka no kopējās krājas nekvalitatīvā koksne (zari, miza un lapotne) veido aptuveni 40 % (Townsend, 2008).

1.32. attēlā parādīti nekvalitatīvās koksnes krājas resursi uz 1 km² 2019. gadā. Visvairāk nekvalitatīvās koksnes resursu raksturīgs Kurzemes (1908 t/km²), Pierīgas (1905 t/km²) un Vidzemes (1895 t/km²) reģionos, savukārt vismazāk nekvalitatīvās koksnes ir Rīgas statistiskajā reģionā (794 t/km²).



1.32. att. Nekvalitatīvās koksnes krāja 2019. gadā statistiskajos reģionos (ĢIS pamatne, datu avots: Valsts meža dienesta Meža statistika) (Valsts meža dienests, 2019)

Vērtējot datus pašvaldību griezumā, vērojams, ka novadi ar lielākajiem koksnes resursiem koncentrējas Pierīgas reģionā un Kurzemes reģiona ziemeļu daļā (1.33. att.). Atbilstoši 2019. gada datiem pašvaldība ar vislielākajiem nekvalitatīvās koksnes resursiem ir Garkalnes novads (2902 t/km²), kam seko Rojas novads (2783 t/km²) un Baldones novads (2728 t/km²). Savukārt vismazāk nekvalitatīvās koksnes resursu 2019. gadā bija Rēzeknes pilsētā (35 t/km²).

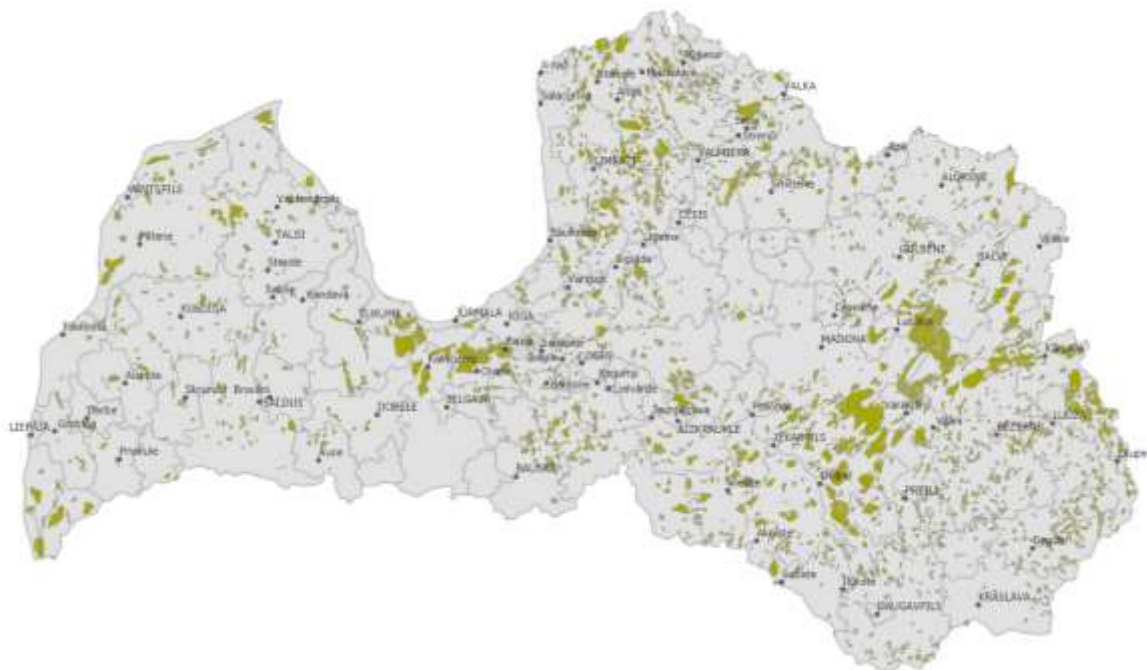


1.33. att. Nekvalitatīvās koksnes krāja 2019. gadā statistiskajos reģionos (ĢIS pamatne, datu avots: Valsts meža dienesta Meža statistika) (Valsts meža dienests, 2019)

3.5. Kūdra

Cits Latvijā plaši izplatīts bioresurss ir kūdra. Latvijas Enerģētikas attīstības pamatnostādnēs 2014–2020 uzsvērts kūdras enerģijas nozīmīgais potenciāls, norādot, ka kūdras ieguvei ir sagatavotas jau 4000 hektāru lielas platības (Latvijas Republikas Saeima, 2010). Pēc Eiropas Enerģētiskās Kūdras Aģentūras vērtējuma, kūdras rezervju enerģētiskā vērtība ir 663 TWh (Energy Peat Europe, bez datuma).

Latvijā ir izpētītas vairāk nekā 9600 kūdras atradnes (Latvijas Kūdras asociācija, bez datuma). 1.34. attēlā vērojams, ka gandrīz visos novados ir kaut nelielas purvu teritorijas.



1.34. att. Purvu izplatība Latvijā (ĢIS pamatne, datu avots: GIS Latvija 10.2.)

Pieņemot, ka purvi ir potenciālas kūdras atradnes, tās aizņem 10 % Latvijas teritorijas. Platības ar tipisku purvu veģetāciju aizņem 4,9 % Latvijas teritorijas. 10 % Latvijas teritorijas ir detāli izpētīti kūdras resursu ziņā.

Lielākie Latvijas purvi ir Teiču, Ķemeri un Cenas tīrelis. Galvenokārt Latvijas purvi pieder valsts AS "Latvijas valsts meži" un vietējām pašvaldībām.

Aptuveni 40 % purvu ir noteikts aizsardzības statuss – 128 000 ha ir iekļauti *Natura 2000* teritoriju sarakstā. Kopumā ekonomiskās aktivitātes šajās teritorijās ir aizliegtas. Latvijas purvi klimatisko apstākļu (nokrišņi pārsniedz iztvaikošanu) un reljefa (daudz līdzenumu) dēļ neizzūd. Šie apstākļi ir labvēlīgi esošo purvu attīstībai un jaunu purvu veidošanās procesam (Latvijas Kūdras asociācija, bez datuma).

3.6. Atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas Latvijā

Šobrīd pasaule atrodas globālās enerģētikas transformācijas sākumpunktā. Ilgtermiņa vīzija atjaunojamo energoresursu jomā un izmaks-efektīvas atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju iespējas sniegušas iespēju pietiekamai attīstībai, lai ES sasniegtu ambiciozos mērķus klimata jomā (Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2009/28/EK par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu un ar ko groza un sekojoši atceļ Direktīvas 2001/77/EK un 2003/30/EK, 2009).

Daudzu tehnoloģiju, kā arī nozaru līmenī ir atklātas atjaunojamo energoresursu sinerģijas iespējas, kas veicina atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju ieviešanu. Pēdējā desmitgadē atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas ir nepārtraukti attīstījušās, tādējādi atjaunojamie energoresursi ir kļuvuši pietiekami konkurētspējīgi, lai atbilstu jaunās paaudzes prasībām. Turklāt arī no atjaunojamiem energoresursiem ražotas elektroenerģijas izmaksas turpina samazināties.

Atjaunojamie energoresursi paplašina iespējas rūpniecības attīstībai, kā arī var veicināt ekonomisko izaugsmi un radīt jaunas darbavietas. Visām ES valstīm, tai skaitā Latvijai, ir potenciāls izmantot atjaunojamus energoresursus izmaks-efektīva veidā (United Nations, 2015).

Šajā nodaļā apskatīti saules, vēja, hidroenerģijas un bioenerģijas sektori, galvenokārt koncentrējoties uz esošo atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju analīzi, nevis prognozējot to paredzamo attīstību. Lai novērtētu atjaunojamo energoresursu potenciālu, ir būtiski noteikt atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju stiprās un vājās puses. Atjaunojamo energoresursu plašāka analīze palīdz novērtēt turpmāk nepieciešamās investīcijas un ieguldījumu, kā arī izmaksas tehnoloģiju izmantošanai, pielāgošanai un ilgtspējīgai izmantošanai (IRENA (1), 2018).

3.6.1. Enerģija no biomasas

Tehnoloģijas bio-enerģijas ražošanai ir komerciāli pieejamas un tām ir augsta efektivitāte. Pie visattīstītākajām bio-enerģijas tehnoloģijām pieder līdzsadedzināšana, mājsaimniecību cieta atkritumu sadedzināšana, anaerobā digestācija, tiešā sadedzināšana apkures katlos, atkritumu poligonu gāze un koģenerācija. Mazāk attīstītas tehnoloģijas, piemēram, pirolīze un atmosfēriskā biomasas gazifikācija, ir tikai izmantošanas sākumpunktā. Būtiski, ka no biomasas kurināmā iespējams iegūt siltumu pie jebkāda temperatūras līmeņa.

Elektroenerģiju no biomasas var iegūt no dažāda veida izejvielām un pielietojot dažāda veida sadedzināšanas tehnoloģijas. Galvenie elementi, kas šajā sakarā jānovērtē, ir izejvielas (veidu dažādība un īpašību ietekme uz enerģijas ražošanu), pārveidošana (izejvielu transformēšana enerģijā) un enerģijas ražošanas tehnoloģija (inovatīvākām tehnoloģijām – riski).

Svarīgākais faktors, kas nosaka bio-enerģijas projektu ekonomisko izdevīgumu, ir uzticamu, drošu un ilgtspējīgu izejvielu pieejamība. Biomasu kā izejvielu ir būtiski novērtēt pēc vairākiem ierobežojošiem faktoriem – daļiņu izmēra, pelnu satura, blīvuma un mitruma satura. Šie faktori ietekmē izejvielu transportēšanas izmaksas, kā arī pirms-apstrādes un uzglabāšanas izmaksas, nosakot biomasas energoavotu ekonomisko dzīvotspēju. Atšķirībā no saules, vēja un hidroenerģijas, bio-enerģijas ražošanas ekonomiskais izdevīgums ir atkarīgs no lētas, ilgtermiņa, ilgtspējīgas un paredzamas izejvielu

pieejamības. Biomasas tehnoloģiju gadījumā izejvielas veido 20–50 % no elektroenerģijas ražošanas gala izmaksām.

Galējās investīciju izmaksas var iedalīt vairākās galvenajās kategorijās – būvniecības, inženierijas un plānošanas, kurināmā apstrādes, sagatavošanas tehnikas un citu iekārtu izmaksas. Papildus izmaksas saistītas ar tīklu savienojumiem un infrastruktūru (pārvades līnijas, ceļi u.c.). Koģenerācijas iekārtām kapitāla izmaksas ir augstākas, tomēr kopējā efektivitāte un iespēja vienlaicīgi ražot arī siltumenerģiju ievērojami uzlabo ekonomisko situāciju.

Darbības un uzturēšanas fiksētās izmaksas bio-enerģijas koģenerācijas stacijām veido 2–6 % no kopējām izmaksām. Šīs izmaksas iekļauj pamatsastāvdaļu un iekārtu nomaiņu (gazifikatoriem, katliem, izejvielu apstrādes iekārtām u.c.), darbaspēku, regulāro apkopi, apdrošināšanu u.c. Darbības un uzturēšanas mainīgās izmaksas parasti ir salīdzinoši zemas. Galvenokārt tās ietver neparedzētas apkopes un iekārtu nomaiņas izmaksas (IRENA (3), 2017).

Ir daudz pētījumu par ieguvumiem un trūkumiem, ko sniedz atjaunojamo energoresursu attīstība, reģionālā, nacionālā un globālā līmenī. Tomēr lielākoties literatūras avotos sniegtie dati un aprakstītās tehnoloģijas būtiski atšķiras. Turklāt nav pieņemta vienota metodoloģija atjaunojamo energoresursu izmaksu vērtēšanai (nav pat noteikts, kādas izmaksas atjaunojamo energoresursu vērtēšanā būtu jāiekļauj) (Kreuz, 2018).

Biokurināmā kontekstā ir svarīgi runāt arī par šķidro kurināmo. Šķidrās kurināmais ir pirmās, otrās un trešās paaudzes kurināmais. Arī biogāze tiek uzskatīta par šķidro kurināmo.

Viens no lielākajiem šķidrā kurināmā šķēršļiem izmantošanai enerģētikā ir plašā pirmās paaudzes sistēmu izmantošana, kamēr otrās un trešās paaudzes sistēmu izmantošana ir daudz ilgtspējīgāka. Arvien vairāk tiek konstatēta nepieciešamība atteikties no pirmās paaudzes biokurināmā ražošanas, jo tādējādi tiek izmantots daudz barības vielām bagātu produktu – kukurūzas, graudu un citu pārtika izmantojamu izejvielu. Arī Eiropas mazemisiju mobilitātes stratēģijā izteikta vajadzība atteikties no pirmās paaudzes biokurināmā un tā vietā izmantot modernus kurināmā veidus. Piemēram, no visiem organiskajiem atkritumiem vajadzētu iegūt biogāzi.

Biogāzes attīstības ziņā Latvijā ir nepieciešams apsvērt likumdošanu attiecībā uz biometāna – biogāzes ražošanu un tirgošanu. Latvijā biogāzes ražošana ir multidisciplināra nozare, kas apvieno vides, lauksaimniecības, transporta, enerģētikas un ekonomikas sektorus.

Biogāzes sektora attīstība ir lielā mērā atkarīga no atbalsta shēmām. Šobrīd politiskais atbalsts enerģijas ražošanai no biogāzes ir zema līmenī. Tomēr biogāzes potenciāls ir sasniegts. Nākamais solis ir paaugstināt staciju efektivitāti. Tas pieprasa atbilstošu infrastruktūru siltuma un biometāna iegūšanai biogāzes ražošanas procesā, jaunākās paaudzes tehnoloģiju izmantošanu un biogāzes staciju darbaspēka (operatoru, dispečeru, inženieru) izglītošanu (Jēkabsons, 2018).

3.6.2. Hidroenerģija

Hidroenerģijas tehnoloģija ir labi attīstīta un uzticama un ir vadošā atjaunojamās elektroenerģijas ražošanā. Tās galvenā priekšrocība ir straujais tehnoloģiskais process – divu minūšu laikā kopš hidroturbīnu ieslēgšanas tās sāk ražot elektroenerģiju un piegādāt to patērētājiem.

Hidroenerģijas tehnoloģija ir izdevīga, jo ražo elektroenerģiju par zemām izmaksām. Ja ir pieejami pietiekami ūdens krājumi, hidroenerģija nodrošina lētu elektroenerģijas apgādi un elastīgus tīkla pakalpojumus – frekvences un sprieguma regulēšanu, spēju pielāgoties slodzes svārstībām un efektīvi darboties nepilnu slodžu gadījumā. HES sniedz ieguldījumu elektroenerģijas sistēmas stabilitātes stiprināšanā. Turklāt hidroenerģijas projekti sniedz iespējas sausuma pārvaldībai, pilsētu ūdens apgādei, apūdeņošanas sistēmu plānošanai, plūdu kontrolei, kā arī sociāliem un ekonomiskiem ieguvumiem.

HES izmēri un specifiskācija var būt ļoti dažādas. HES būvniecībā jāizvērtē turbīnu veids un izmērs, ražošanas profils (sezonālais pieplūdums, minimālais plūsmas ātrums, potenciālais rezervuāra izmērs) un iespējas sistēmas attīstīšanai (jaudas palielināšana).

Divas galvenās HES izmaksu grupas ir ar elektro-mehāniskajām iekārtām saistītās izmaksas un darbaspēka izmaksas HES (aizsprostu, tuneļu, kanālu un krātuvju) būvniecībai. Elektro-mehānisko iekārtu izmaksu īpatsvars no kopējām izmaksām ir lielāks mazo HES gadījumā (mazāk kā 10 MW), jo mazizmēra iekārtu izmaksas par kW ir lielākas. Parasti lielāko daļu HES uzstādīšanas izmaksu veido inženiertehniskie darbi. Ilgtermiņa projektu (7–9 gadi) gadījumā investoru izmaksas attiecināmas uz visu projekta būvniecības laiku, ieskaitot projekta attīstīšanas izmaksas, priekšizpēti, pasākumus ietekmes uz vidi un socio-ekonomiskās ietekmes mazināšanai, konsultācijas ar vietējām interešu pusēm un politikas veidotājiem, kā arī zemes iegādi. Ņemot vērā, ka HES tehnoloģija ir atkarīga no novietojuma, HES projekti tiek attīstīti atbilstoši konkrētiem vietas apstākļiem un attiecīgajam upes baseinam.

Pēdējos gados kopējās HES uzstādīšanas izmaksas ir augušas, kas skaidrojams ar biežāku HES būvniecību mazāk piemērotās vietās, augstākām projektu attīstīšanas izmaksām, lielākiem transporta un loģistikas izdevumiem, kā arī pārvades tīkla un tīkla savienošanas izmaksu palielināšanos.

Darbības un uzturēšanas izmaksas prasti tiek izteiktas kā procentuālā daļa no investīciju izmaksām. Parasti šī vērtība ir 1–4 % robežās. HES darbības un uzturēšanas izmaksas var samazināt, ieviešot centralizētu kontroles sistēmu un attālinātu vadību.

Nodarbinātības novērtēšana hidroenerģētikas jomā var būt sarežģīta, jo darbības būvniecības un piegādes ķēdē var būt neoficiālas. Galvenokārt lielākā daļa HES projektos radīto darbavietu ir darbības un uzturēšanas jomā (IRENA (3), 2017).

Hidroenerģija ir paredzama atjaunojamās enerģijas tehnoloģija, tāpēc izlīdzinātās elektroenerģijas izmaksas nav lielas. Izlīdzinātās elektroenerģijas izmaksas mazajām HES parasti ir lielākas nekā lielajām HES.

Latvijā ir labi piemēroti dabas apstākļi hidroenerģijas attīstībai, tomēr to ierobežo hidroelektrostaciju pretrunīgi vērtētā ietekme uz vidi. Arvien vairāk tiek runāts par hidroelektrostaciju negatīvo ietekmi uz dabas procesiem. Latvijas Enerģētikas stratēģijā 2030 norādīts, ka lielākais hidroelektroenerģijas potenciāls ir izsmelts, taču ir paredzams jaudu pieaugums, rekonstruējot esošās HES un attīstot mazāka izmēra HES. Tajā pašā laikā atbilstoši stratēģijā iekļautajām prognozēm par primāro energoresursu patēriņu, no 2020. gada tiek paredzēts hidroenerģijas patēriņa samazinājums (Enerģētikas stratēģija 2030 (projekts), 2013).

3.6.3. Vēja enerģija

Modernā vēja enerģijas industrija ir attīstījusies strauji. Vēja turbīnās saražotās elektroenerģijas apjoms ir atkarīgs no jaudas, turbīnu torņa augstuma, vēja resursu kvalitātes, turbīnas rata diametra, kā arī darbības un uzturēšanas stratēģijas kvalitātes.

Dažas no vēja enerģijas priekšrocībām ir apstākļi, ka to nav nepieciešams importēt (salīdzinājumā, piemēram, ar dabasgāzi), tā tiešā veidā nerada CO₂ emisijas un cietās izkliedētās daļiņas (piemēram, salīdzinot ar cieto kurināmo, ieskaitot biomasu). Turklāt vēja enerģijas pieejamība ir salīdzinoši stabila un tās ieguvei nav nepieciešams ūdens vai citi resursi, tikai vējš.

Kopš 2009. gada vēja enerģijas tehnoloģijas ir piedzīvojušas revolūciju – uzlabotas tehnoloģijas (lielāks rumbu augstums un lielāka lāpstiņu platība) ir palielinājušas vēja resursu kapacitāti. Tomēr starp valstīm joprojām pastāv izteiktas cenu atšķirības. Vēja turbīnu cenas 2010. gadā sasniedza maksimumu trīs faktoru dēļ. Pirmkārt, jau minētās tehnoloģiju attīstības dēļ – tirgū parādījās dārgākas turbīnas ar lielāku rumbas augstumu. Otrkārt, palielinājās būvniecības izmaksas, materiālu (tērauda, cementa, vara), darbaspēka un inženiertehniskās izmaksas. Treškārt, daudzas valstis attīstīja vēja enerģijas izmantošanai labvēlīgu politiku, un pieprasījums pārsniedza piedāvājumu. Neskatoties uz to, uzstādīto izmaksu samazinājums attēlo samazinājuma diapazonu no 30 līdz 68 %. Kopš 2010. gada izmaksu samazināšanās virzītājspēks ir preču cenu kritums, ražošanas efektivitāte, procesu uzlabojumi, lielāka piegādes ķēdes konkurence un konkurence pasaules tirgū. Arī darbības un uzturēšanas izmaksas (fiksētās un mainīgās) ir atkarīgas no izmaiņām vēja enerģijas tehnoloģijās.

Tā rezultāta izmaiņas vēja enerģijas izmantošanā viskonkurējošākajās valstīs rada lielāku vidējo globālo svērto izmaksu samazinājumu. Kopumā vēja enerģijas izmaksas ir atkarīgas no esošās infrastruktūras attīstības līmeņa, attāluma no galvenajiem tīkla savienojuma punktiem, attāluma no ostām vai ražošanas centriem, darbaspēka izmaksām u.c. Kopumā vērtējot, vēja elektrostaciju uzstādītās izmaksas no 2010. līdz 2016. gadam ir būtiski samazinājušās.

Kamēr atbalsts enerģijas ražošanai ir vēlams, lai ātrāk atmaksātos investīcijas, uzņēmēju sniegtā informācija rāda, ka, piemēram, sauszemes vēja parki spēj pastāvēt un darboties arī bez atbalsta saņemšanas. Zviedrijas un Dānijas pieredze vēja enerģijas izmantošanā rāda, ka tirgū balstīta atbalsta sistēma, piemēram, tā sauktā zaļā sertifikāta sistēma Zviedrijā un izsoļu un prēmiju sistēmas Dānijā, ir pietiekamas, lai operatoriem radītu interesi ieguldīt vēja parkos (Āboltiņš, Vēja enerģijas izmantošanai Latvijā nākotnē ir labas perspektīvas, bez datuma).

Vēja izmantošana elektroenerģijas ražošanai ir tieši atkarīga no laikapstākļiem. Parasti visvairāk elektroenerģijas tiek saražots no oktobra līdz janvārim.

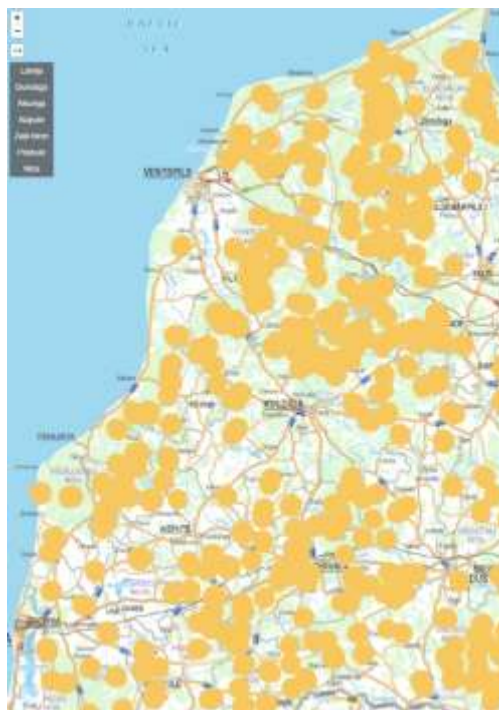
Lai palielinātu no vēja iegūto enerģiju, Dobeles un Tukuma pašvaldībās ir iepļānots līdz 2020. gadam uzbūvēt vēja parkus. Zviedrijas uzņēmums SIA "Eolus", kas ir viens no lielākajiem vēja parku operatoriem Zviedrijā, paredz investēt 250 miljonus eiro. Vēja parks ar 51 vēja turbīnu ražos 0,7 TWh, kas ir aptuveni 10 % no Latvijā 2017. gadā saražotās elektroenerģijas. SIA "Eolus" iemesli investēt šajā projektā ir vēja turbīnu augošā efektivitāte, vējš kā lētākais atjaunojamās enerģijas avots un vēja parka ekonomiskais potenciāls – pielāgojamība atjaunojamās enerģijas politikai Latvijā.

Praktiskā ziņā nozīmīgu šķērslī vēja parku attīstībai rada normatīvi un ierobežojumi attiecībā uz VES būvniecību. VES būvniecībai piemēroto platību izvēles komplikācija vērojama 1.35., 1.36. un 1.37. attēlā. ĢIS programmas pamatnē (1.35. att.) attēlotas buferzonas ap dzīvojamām ēkām, pilsētām, ciemiem un lielākajiem autoceļiem. Dzīvojamām ēkām ierobežojums ir 500 m no ēkas. Pilsētām ir divu veidu buferzonas. Lielākām pilsētām limitējošais attālums ir 2 km un mazākām – 1 km. Attiecīgi tik pat liels limitējošais attālums attiecas uz ciemiem, pašvaldībām un citām apdzīvotām vietām. Pēc minēto ierobežojumu un normatīvu attēlošanas un izvērtēšanas VES attīstīšanai nav daudz piemērotu vietu un platību, kā redzams 1.35. attēlā.



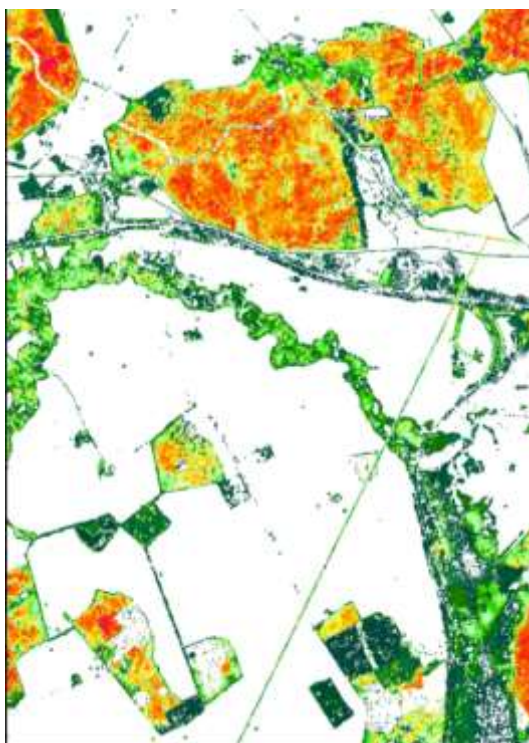
1.35. att. Limitējošās zonas VES attīstībai Latvijā, ĢIS pamatnē

1.35. attēlā redzamas ierobežojošās zonas tikai ap teritorijām ar nozīmīgu populācijas skaitu. Tikmēr nepieciešams ņemt vērā arī ierobežojumus aizsargājamās teritorijās (1.36. att.).



1.36. att. Aizsargājamās teritorijas Latvijā, ĢIS pamatne

Papildus augstāk minētajam ir nepieciešams izvērtēt teritoriju piemērotību VES atbilstoši raksturīgajai veģetācijai (1.37. att).



1.37. att. Veģetācijas virsmas augstums Latvijas teritorijā, ĢIS pamatne

1.37. attēlā redzams veģetācijas virsmas augstums, kas attēlots ĢIS programmā. Ar baltu krāsotās platības ir līdzenumi, kamēr zaļās un sarkanās platības apzīmē augstuma ziņā nozīmīgu veģetāciju – mežus, pļavas u.c.

Attīstīt vēja enerģijas ieguvu Latvijā ir iespējams. Ir pieejami aptuveni 500 papildus MW instalācijai, tomēr Latvijas politiskais ietvars ir tik sarežģīts, ka VES ieviešanu apšaubā pat lielās kompānijas ar lielu finansiālo kapacitāti.

3.6.4. Saules enerģija

Saules enerģijas sektoram ir pietiekams tehnoloģiskās attīstības līmenis un atbilstoši ekonomiskie apstākļi, lai sasniegtu situāciju, kad saules paneļi atmaksājas 5 gadu laikā vai ātrāk. Lai sasniegtu šo situāciju, ir nepieciešama politiska iejaukšanās un izmaiņas tiesiskajā regulējumā.

Atsaucoties uz enerģētikas kompānijas “Enefit” datiem, mājsaimniecības Latvijā izvēlas uzstādīt saules paneļus ar kopējo jaudu no 3 līdz 12 kW, lai segtu pašpatēriņu. Projekta atmaksas periods ir aptuveni 20 gadi, taču var būt arī daudz īsāks. Tas atkarīgs no valsts politikas, kā arī no tā, cik veiksmīgi tiek strukturēts enerģijas tarifs un ierīkota saules paneļu sistēma (Eesti energia, 2019).

Saules enerģijas tehnoloģijas paliek arvien lētākas un pieejamākas. Liela izmēra saules PV parkiem tehnoloģiju izmaksas tuvojas līmenim, kad dažu gadu laikā saules radītā enerģija varētu konkurēt tirgū bez papildus atbalsta un subsīdijām. Tomēr šī tendence attiecas tikai uz liela izmēra saules enerģijas stacijām.

Šobrīd esošā situācija Latvijā nav veiksmīga – saules paneļu cena Latvijā ir divreiz augstāka nekā citās ES vai ārpus ES valstīs. Turklāt saules paneļu sistēmas cenas neatbilst saules paneļu efektivitātei. Šie apstākļi nerada iemeslu vietējam mājsaimniecībām investēt saules enerģijā (Rozenale, Lauka, & Blumberga, 2018).

Saules paneļu risinājumu attīstībai nepieciešama labvēlīga normatīvā vide, kā arī valstij vajadzētu būt sistēmiskai un nemainīgai pieejai, stimulējot elektrības ražošanu no saules enerģijas avotiem. Diemžēl normatīvā vide Latvijā ir izteikti “demotivējoša”. Šobrīd arī kopējā politiskā attieksme pret atjaunojamiem energoresursiem ir problemātiska.

Pēdējā desmitgadē saules paneļu īpatsvars globālajā tirgū ir strauji audzis. Saules paneļu ražošanas jauda Āzijā turpina augt. Ķīna šajā jomā ir pasaules līdere. Tomēr ES uzstādīto saules paneļu jaudas lielums nepārsniedza 8 GW 2015. gadā un 5 GW 2016. gadā, savukārt 2011. gadā tika uzstādīti vismaz 22 GW.

Eiropas Savienībā saules paneļu cenas no 2010. līdz 2017. gadam samazinājās par 83 %. Līdz 2013. gadam cenas samazinājās strauji, bet pēc tam tikai mēreni. Saules paneļu cenu kritumu izraisīja ražotāju centieni saules paneļu ražošanu uzturēt ilgtspējīgākā līmenī. Uzlabojumi ražošanas procesā un paaugstināta efektivitāte (attīstot modernu saules paneļu šūnu dizainu) ir cieši saistīti ar saules paneļu cenu samazinājumu (IRENA (2), 2018).

Tomēr, kamēr saules paneļu un to uzstādīšanas izmaksas ir samazinājušās, darbības un uzturēšanas izmaksas ir būtiski augušas. Darbības un uzturēšanas izmaksas var būt salīdzinoši zemas vietās, kur zemes cenas ir minimālas un tām nepiemēro zemes nodokli. Turpretī izteiktu zemes izmantošanas ierobežojumu gadījumā, piemēram, blīvas apdzīvotības dēļ zemes izmaksas var būt būtisks šķērslis.

Palielināta efektivitāte un jauda, kā arī uzstādīšanas izmaksu samazinājums ir stiprinājis saules paneļu pozīciju globālajā atjaunojamo energoresursu tirgū. Lai arī saules enerģijas ieguves attīstību ietekmējošie faktori ir atkarīgi no ierobežojumiem, regulējumiem un normatīviem nacionālā līmenī, kopējā tendence rāda, ka no 2010. līdz 2017. gadam saules paneļu izlīdzinātās elektroenerģijas izmaksas globālajā tirgū samazinājušās par 40–75 %. Saules paneļu tehnoloģiju konkurētspēju ietekmē reģionālās atšķirības vietējā darba tirgū, ražošanas izmaksās, atbalsta politikas struktūrā un vietējā tirgus attīstības līmenī. Valstīs ar konkurētspējīgu uzstādīšanas izmaksu līmeni raksturīgs sistēmas izmaksu līdzsvars, kas veido aptuveni pusi no kopējām uzstādīšanas izmaksām (IRENA (2), 2018).

1.4. SECINĀJUMI

2. Energoavotu ekonomiskā novērtēšana ir komplekss jautājums, kura risināšanā jāņem vērā dažādi aspekti. Lai atvieglotu šādas analīzes veikšanu, kā arī iegūtu maksimāli objektīvu rezultātu, tiek pielietotas dažādas novērtēšanas metodes.
3. AER novērtēšanai visplašāk tiek pielietota LCOE, kā arī no multikritēriju analīzes metodēm – AHP, ELECTRE un TOPSYS.
4. Tas, kura multikritēriju analīzes metode ir piemērotākā, atkarīgs no konkrētās analīzes specifikas. Gadījumā, kad svarīgi, lai metode ir caurskatāma un efektīva laika ziņā, un ir jāaplūko salīdzinoši neliels skaits dažādu alternatīvu, ieteicams izmantot TOPSYS vai AHP un TOPSYS apvienojumu, kur AHP tiek izmantota kritēriju svaru aprēķināšanai.
5. Pēdējo gadu laikā katlumāju skaits un to uzstādītā siltumenerģijas jauda Latvijā strauji samazinās. Turpretī koģenerācijas staciju skaits un uzstādītā elektriskā jauda arvien aug.
6. Kopumā vērtējot, fosilos resursus gan katlumājās, gan koģenerācijas stacijās sāk aizstāt atjaunojamie energoresursi.
7. No resursu pieejamības viedokļa Kurzemē ir vislielākais potenciāls saules un vēja enerģijas attīstībai, savukārt Zemgales reģions ir visnozīmīgākais kūsmēslu un salmu resursu nodrošināšanā. Tikmēr pilsētas rada nozīmīgākos notekūdeņu dūņu resursus, taču pilsētās kopumā pieejami arī būtiski vēja un saules enerģijas resursi.
8. Resursu telpiskā vērtēšana pašvaldību griezumā norāda, ka visos novados ir pieejami kāda veida atjaunojamie energoresursi, kas liecina par labām pašvaldību attīstības iespējām. Tikmēr analīze pašvaldību griezumā norāda arī uz potenciālām pašvaldību sadarbības iespējām resursu nodrošināšanas jomā.
9. HES ir galvenās elektroenerģijas ražotājas Latvijā, un hidroelektroenerģijas tehnoloģijām ir vairākas priekšrocības gan no ekonomiskā, gan tehnoloģiju viedokļa, tomēr HES tālākas attīstības potenciāls ir ierobežots, ko galvenokārt nosaka piemērota novietojuma trūkums un HES darbības ietekme uz vidi.
10. Latvijas teritorijas ģeogrāfiskais novietojums, raksturīgais vēja daudzums un reljefs kopumā nosaka piemērotus apstākļus vēja enerģijas ieguvei, tomēr ģeogrāfiskie ierobežojumi (piemēram, reljefs un veģetācijas augstums) kopā ar normatīvajiem ierobežojumiem (VES būvniecība saistībā ar apdzīvotām vietām un aizsargājāmām teritorijām) būtiski ierobežo VES attīstības iespējas.
11. Latvijā ir pietiekami liels fotovoltiskās enerģijas potenciāls saules enerģijas ieguvei, tomēr šobrīd tā ir ļoti zemā attīstības līmenī, ko galvenokārt nosaka neatbalstoša normatīvā vide un augstas saules enerģijas ieguves tehnoloģiju izmaksas, kas atmaksājas salīdzinoši ilgā laika periodā. Lai realizētu saules enerģijas ieguves potenciālu Latvijā, nepieciešamas būtiskas izmaiņas normatīvajā regulējumā un saules enerģijas ieguvei atbalstoši pasākumi.
12. Ņemot vērā, ka enerģijas ieguves no biokurināmā ekonomiskais izdevīgums ir lielā mērā atkarīgs no bioresursu pieejamības, Latvijai ir liels potenciāls turpināt attīstīt šī veida enerģijas ieguvei. Tomēr šajā sakarā būtiska ir efektīvu un ekonomiski izdevīgu tehnoloģiju izvēle, kā arī bioresursu ilgtspējīga izmantošana, pēc iespējas ievērojot resursu kaskādes veida izmantošanu.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- A. Mardani, A. M. (2015). Multiple criteria decision-making techniques and their applications -A Review of the Literature from 2000 to 2014. *Economic Research* 28(1) , 516-571.
- Abaei, M., Arzaghi, E., Abbassi, R., Garaniya, V., & Penesis, I. (2017). Developing a novel risk-based methodology for multi-criteria decision making in marine renewable energy applications. *Renewable Energy*, 102, part B, 341-348.
- Aly, A., Steen, S., & Pedersen, A. (2017). solar power potential of Tanzania: Identifying CSP and PV hot spots through a GIS multicriteria decision making analysis. *Renewable Energy*, 113, 159-175.
- Antonella, P., Fabio, D. F., Jannelli, E., Claudio, A., Mariagiovanna, M., & Lavadera, A. L. (2016). Life cycle assessment (LCA) and life cycle cost (LCC) analysis model for a stand-alone hybrid renewable energy system. *Renewable Energy Vol.95* , 337-355.
- AS "Augstsprieguma tīkls" (1). (2018). *Elektroenerģijas tirgus apskats*. Ielādēts no <http://ast.lv/lv/electricity-market-review>
- AS "Augstsprieguma tīkls" (2). (2018). *Divkārtējās sarazotās vēja enerģijas apjoms*. Ielādēts no ast.lv/lv/events/divkarsojies-sarazotas-veja-enerģijas-apjoms
- Asakereh, A., Soleymani, M., & Sheikhdavoodi, M. (2017). A GIS-based Fuzzy_AHP method for the evaluation of solar farm locations: Case study in Khuzestan province, Iran. *Solar energy*, 115.
- Asveld, L., van Est, R., & Stemerding, D. (2011). *Getting to the core of the bio-economy: A perspective on the sustainable promise of biomass*. The Hague: Rathenau Instituut.
- Āboltiņš, R. (bez datuma). Ielādēts no Vēja enerģijas izmantošanai Latvijā nākotnē ir labas perspektīvas: <http://www.building.lv/44-aktuala-tema/135793-veja-enerģijas-izmantosana-latvija-nakotne-ir-labas-perspektivas>
- Āboltiņš, R. (bez datuma). *Vēja enerģijas izmantošanai Latvijā nākotnē ir labas perspektīvas*. Ielādēts no <http://www.building.lv/44-aktuala-tema/135793-veja-enerģijas-izmantosana-latvija-nakotne-ir-labas-perspektivas>
- Brown, A., Beiter, P., Heimiller, D., C.Davidson, Denholm, P., J.Melius, . . . G.Porro. (2016). *Estimating Renewable Energy Economic Potential in the United States: Methodology and Initial Results*. National Renewable energy Laboratory.
- Centrālā statistikas pārvalde (1). (2018). *Palielinās no atjaunīgiem energoresursiem sarazotais elektroenerģijas daudzums koģenerācijas stacijās*. Ielādēts no <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/vide-enerģetika/enerģetika/meklet-tema/2401-kogenerācijas-staciju-darbiba-2017-gada>
- Centrālā statistikas pārvalde (2). (2018). *Latvijas statistikas gadagrāmata, 2018*. Ielādēts no <https://www.csb.gov.lv/lv/statistika/statistikas-temas/ekonomika/ikp/meklet-tema/285-latvijas-statistikas-gadagramata-2018>
- Centrālās statistikas pārvaldes datubāze. (2020). *Lauksaimniecības kultūru sējumu platība, kopražā un vidējā ražība*.
- Cimdiņa, G. S. (2014). Sustainable Development of Renewable Energy Resources. Biomass Cogeneration Plant. The 9th International Conference.
- CSP datubāze. (bez datuma). *Vide un enerģētika*. Ielādēts no http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide__enerģetika_ikgad/?tablelist=true
- D.Lauka. (2018). *Atjaunojamo energoresursu ilgtspējas analīze. Promocijas darba kopsavilkums*. Rīga: RTU.
- Doorgaa, J., Rughooputha, S., & Boojhawon, R. (2019). Multi-criteria GIS-based modelling technique for identifying potential solar farm sites: A case study in Mauritius. *Renewable Energy*, 133, 1201-1219.
- Eesti energia. (2019). *"Enefit" Energy trader's Energy Market Review in March 2018*. Ielādēts no <https://www.enefit.lv/en/majai/zinas/Enerģijas-tirgus-apskats-2019-gada-marta>
- Eiropas Komisija (1). (2014). *Komisijas paziņojums par klimata un enerģētikas politikas satvaru laikposmam no 2020. gada līdz 2030. gadam*. Eiropas Komisija.

- Eiropas Komisija (2). (2015). *Paziņojums "Pamatstratēģija spēcīgai Enerģētikas savienībai ar tālredzīgu klimata pārmaiņu politiku"*. Eiropas komisija.
- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2009/28/EK par atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšanu un ar ko groza un sekojoši atceļ Direktīvas 2001/77/EK un 2003/30/EK (Eiropas Parlaments un Eiropas Savienības Padome 2009. gada 23. 04).
- Eiropas Parlamenta un Padomes Direktīva 2018/2001 par no atjaunojamajiem energoresursiem iegūtas enerģijas izmantošanas veicināšanu (pārstrādāta redakcija) (Eiropas Parlaments un Eiropas Savienības Padome 2018. gada 11. 12).
- Ekonomikas ministrija. (2011). *Enerģētikas stratēģija 2030*.
- Energy Peat Europe. (bez datuma). *Latvia sees major potential in peat*. Ielādēts no <https://www.energypeat.eu/latvia>
- Enerģētikas stratēģija 2030 (projekts) (Ekonomikas ministrija 2013).
- European Biogas Association. (2018). *Statistical report 2017*. Ielādēts no <http://european-biogas.eu/wp-content/uploads/2017/12/Statistical-report-of-the-European-Biogas-Association-web.pdf>
- European Commission. (2019). *Photovoltaic geographical information system*. Ielādēts no <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>
- F.Stacy, T., & S.Taylor, G. (2015). *The levelized Cost of Electricity from Existing Generation Resources*. Canada: Institute of Energy Research,.
- Ghosh, S., Chakraborty, T., Saha, S., Majumder, M., & Pal, M. (2016). Development of the location suitability index for wave energy production by ANN and MCDM techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59C, 1017-1028.
- Hwang, C., & Yoon, K. (1981). *Methods for multiple attribute decision making*. Multiple attribute decision making. New York.: Springer.
- International Renewable Energy Agency. (2018). *Renewable Energy Prospects for the European Union*. IRENA (1). (2018). *Renewable Energy Prospects for the European Union*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- IRENA (2). (2018). *Renewable Power generation Costs in 2017*. Abu Dhabi.
- IRENA (3). (2017). *Renewable energy and Jobs - Annual review 2017*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.
- Jēkabsons, A. (2018). *Biometānam Latvijā ir potenciāls*. Ielādēts no Dienas Bizness: <https://www.db.lv/zinas/biometanam-latvija-ir-potencials-475056>
- Joint Research Centre. (2007). *Cereals Straw Resources for bioenergy in the European Union*. European Commission.
- Kansal, R. K. (2015). Sustainable development contribution assessment of renewable energy projects using AHP and compromise programming techniques. *2015 International Conference on Energy, Power and Environment: Towards Sustainable Growth (ICEPE)*, (lpp. 1-6). Shillong.
- Kara, N. (2014). Yield and Mineral Nutrition Content of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench): The Effect of Harvest Times. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 9 (1), 85-94.
- Keeleya, A. R., & Matsumoto, K. (2017). Relative significance of determinants of foreign direct investment in wind and solar energy in developing countries – AHP analysis. *Journal of Cleaner Production*, 1-8.
- Keeleya, A., & Matsumoto, K. (2018). Relative significance of determinants of foreign direct investment in wind. *Energy Policy*, 123, 337-34.
- Khademi, N., Behnia, K., & Saedi, R. (2013). Using Analytic Hierarchy/Network Process (AHP/ANP) in Developing Countries: Shortcomings and Suggestions” 2013. *The Engineering Economist*.
- Kost, C., Shammugamverena, S., Chhuyen-tran, J., & Schlegl, N. (2018). “LEVELIZED COST OF ELECTRICITY RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES” . FRAUNHOFER INSTITUTE FOR SOLAR ENERGY SYSTEMS ISE.
- Kreuz, S. (2018). Measuring the cost of renewable energy in Germany. *The Electricity Journal*, 31, 29-33.

- Latvijas Biotehnoloģijas asociācija. (2015). *Sadzīves notekūdeņu dūņu kvalitāte Latvijas ūdenssaimniecībās, to apstrādes un nizmantošanas plānošanas priekšlikumu izstrāde*. Latvijas Valsts Vides aizsardzības fonds.
- Latvijas Kūdras asociācija. (bez datuma). *Interesanta informācija*. Ielādēts no http://www.latvijaskudra.lv/lv/kudra/interesanta_informacija/
- Latvijas Republikas Ekonomikas ministrija. (2013). *Latvijas Enerģētikas ilgtermiņa stratēģija 2030*.
- Latvijas Republikas Saeima. (2010). *Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija 2030*. Ielādēts no https://www.pkc.gov.lv/sites/default/files/inline-files/LIAS_2030_en_1.pdf
- Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs. (2018). *Valsts statistiskā pārskata "Nr.3-Atkritumi. Pārskats par atkritumiem" kopsavilkums par 2017. gadu*. Rīga.
- Lauksaimniecības datu centrs. (2020). *Publiskā datu bāze*. Ielādēts no Dzīvnieku skaita statistika: http://pub.ldc.gov.lv/pub_stat.php?lang=lv
- Lauku atbalsta dienests. (2018). *Deklarēto kultūraugu platību apjoms pa novadiem un pagastiem par 2018. gadu*.
- Lee, H.-C., & Chang, C.-T. (2018). Comparative analysis of MCDM methods for ranking renewable energy sources in Taiwan, . *Renewable and Sustainable Energy Reviews Vol.92.*, 883-896.
- LR Zemkopības ministrija. (2008). *Kūstmēslu ieguve un apsaimniekošana. Uzņēmumu tehniskie noteikumi (nozāres standarts)*.
- LVĢMC. (2019). Ielādēts no 2 Ūdens kopsavilkumi: <http://parissrv.lvģmc.lv/#viewType=water2reports&addreshtimer=true&donotrenderwithoutrole=true&donotusewrapper=true&incrementCounter=1>
- LVĢMC. (bez datuma). *Latvijas klimats*. Ielādēts no <https://www.meteo.lv/lapas/laika-apstakli/klimatiska-informacija/latvijas-klimats/latvijas-klimats?id=1199&nid=562>
- M. Mousavia, H. G. (bez datuma). "A soft computing based-modified ELECTRE model for renewable energy policy selection with unknown information". Department of Energy Economics, Economics Faculty, University of Tehran, Tehran, Iran.
- Mareschal, B. (2011). *Promethee methods*. Ielādēts no <http://www.promethee-gaia.net/index.html>
- McCabe, K., Sigrin, B., Lantz, E., & Mooney, M. (2016). "Assessment of the Economic Potential of Distributed Wind in Colorado, Minnesota, and New York". National Renewable Energy Laboratory.
- Mohammad Mahdi Abaei, E. A. (2017). "Developing a novel risk-based methodology for multi-criteria decision making in marine renewable energy applications". *Renewable Energy, Volume 102*.
- Mohammadi, M., & Harjunkoski, I. (2020). Performance analysis of waste-to-energy technologies for sustainable energy generation in integrated supply chains. *Computers & Chemical Engineering, 140(2)*, 106905.
- Namovicz, C. (2013). "Assessing the Economic Value of New Utility-Scale Generation Projects". *EIA LCOE/LACE Workshop*.
- National Meteorological Agencies. (2018). *Weather and science facts*. Ielādēts no <https://www.currentresults.com/Weather/Europe/Cities/sunshine-annual-average.php>
- REN21. (2019). *Renewables 2019 Global Status Report*. Ielādēts no <https://www.ren21.net/reports/global-status-report/>
- Rezaei, M., Mostafaeipour, A., Qolipour, M., & Tavakkoli-Moghaddam, R. (2018). Investigation of the optimal location design of a hybrid wind-solar plant: A case study. *International Journal of Hydrogen Energy*.
- Robinson, M. L. (2001). An evaluation of multi-criteria methods in integrated assessment of climate policy. *Journal of multicriteria decision analysis, 229-256*.
- Rozakis, S. K.-W. (2013). Straw potential for energy purposes in Poland and optimal allocation to major co-firing power plants. *Biomass and Bioenergy, 58*, 275-285.
- Rozentale, L., Lauka, D., & Blumberga, D. (2018). Accelerating power generation with solar panels. Case in Latvia. *Energy Procedia, 147*, 600-606.

- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. (1999). *Fundamentals of the analytic network process. International Symposium of the Analytic Hierarchy Process (ISAHP), August 12-14*.
- Saracoglu, B. O. (2015). "An Experimental Research Study on the Solution of a Private Small Hydropower Plant Investments Selection Problem by ELECTRE III/IV, Shannon's Entropy, and Saaty's Subjective Criteria Weighting". *Advances in Decision Sciences*.
- Scott, J., Ho, W., & dey, P. (2012). A review of multi-criteria decision-making methods for bioenergy systems. *Energy*, 42(1), 146-156.
- Shen, K., & Tzeng, G. (2018). Advances in Multiple Criteria Decision Making for Sustainability: Modeling and Applications Sustainability. *Sustainability*, 10(5), 1600.
- Slisane, D., Romagnoli, F., Kamenders, A., Veidenbergs, I., & Blumberga, D. (2015). "Co-digestion of algae biomass for production of biogas and fertilizer: Life Cycle Cost Analysis ". *Environment. Technology. Resources : Proceedings of the 10th International Scientific and Practical Conference*, 18-20.
- Solargis. (2019). Ielādēts no Solar resource maps of Latvia: <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/latvia>
- Technical University of Denmark, World Bank Group. (bez datuma). *Global Wind Atlas*. Ielādēts no <https://www.globalwindatlas.info/>
- The Federal Facilities Council. (2001). *Sustainable Federal Facilities: A Guide to Integrating Value Engineering, Life-Cycle Costing, and Sustainable Development*. Washington: The National Academies Press.
- The National Renewable Energy Laboratory. (bez datuma). *Economic and Financial Analysis Tools*. Ielādēts no <https://www.nrel.gov/analysis/economic-financial-tools.html>
- Townsend, P. (2008). *Forest Biomass of Living, Merchantable Trees in Nova Scotia*. Nova Scotia Department of Natural Resources.
- U.S. Energy Information Administration. (2018). "Levelized Cost and Levelized Avoided Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook".
- United Nations. (2015). *The Paris Agreement, United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*.
- USA Department of Energy. (2015). *QUADRENNIAL TECHNOLOGY REVIEW AN ASSESSMENT OF ENERGY TECHNOLOGIES AND RESEARCH OPPORTUNITIES. Chapter 2: Energy Sectors and Systems*".
- Valsts meža dienests. (2019). *Meža statistikas CD*. Ielādēts no <https://www.vmd.gov.lv/valsts-meza-dienests/statiskas-lapas/publikacijas-un-statistika/meza-statistikas-cd?nid=1809#jump>
- Walter Short, D. J. (1995). *A Manual for the Economic Evaluation of Energy Efficiency and Renewable Energy Technologies*. Golden, Colorado: National Renewable Energy Laboratory .
- Wang, X., Li, K., Song, J., Duan, H., & Wang, S. (2018). Integrated assessment of straw utilization for energy production from views of regional energy, environmental and socioeconomic benefits. *Journal of Cleaner Production*, 190(20), 787-798.
- Zamani-Sabazi, H., King, J. P., Gard, C. C., & Abudu, S. (2016). Statistical and analytical comparison of multi-criteria decision-making techniques under fuzzy environment. *Operations Research Perspectives*, 92-117.
- Zavadskas, E., & Turskis, Z. (2011). MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING (MCDM) METHODS IN ECONOMICS: AN OVERVIEW. *TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT OF ECONOMY*, 397-427.

2. ENERGORESURSU IZVĒRTĒJUMS EKONOMISKO SEKTORU GRIEZUMĀ

Atskaites "Atskaite par atjaunojamo energoresursu un vietējo resursu, energoavotu un slodžu kartēšanu un to potenciāla literatūras analīzi" otrajā nodaļā tiek analizētas atjaunojamo energoresursu izmantošana un iespējas vairākos sektoros:

- Lauksaimniecība;
- Rūpniecība;
- Tūrisms;
- Mājsaimniecības;
- Transports.

Analīze iekļauj piemērus un aprakstus no citu valstu pieredzes. Ir veikts sektoru salīdzinājums.

2.1. ATJAUNOJAMĀS ENERĢIJAS IZMANTOŠANAS IESPĒJAS LAUKSAIMNIECĪBAS SEKTORĀ

Saskaņā ar Apvienotās Pārīšanas un lauksaimniecības organizācijas datiem siltumnīcefekta gāzu emisijas lauksaimniecības nozarē veido aptuveni 21% no kopējām pasaules emisijām un ir otrs lielākais siltumnīcefekta gāzi emitējošais sektors. Emisijas galvenokārt rada mežu izciršana, mājlopu radītās emisijas, augsnes un barības vielu intensīva apsaimniekošana, piemēram, izmantojot mēslojumu, kas ir uz fosilā kurināmā bāzes, tāpat arī lauksaimniecības tehnikas izmantošana un biomasas sadedzināšana (Liu, Zhang, & Bae, 2017).

Novērtēts, ka veicot attiecīgus pasākumus, piemēram, samazinot mežu izciršanu, veicot mežu atjaunošanu, uzlabojot zemkopības un lopkopības pārvaldību, lauksaimniecības sektors līdz 2030. gadam var ievērojami samazināt kopējās emisijas - par 20 līdz 60%.

Galvenais šo emisiju iemesls ir neatbilstošas augsnes apsaimniekošanas un lopkopības procesu rezultātā radītais slāpekļa oksīds un metāns, fosilā degviela ūdens sūkņēšanai, apūdeņošanai un ar slāpekli bagātais mēslojums, kas kopā veido 14% līdz 30% no kopējām siltumnīcefekta gāzu emisijām (Waheed, Chang, Sarwar, & Chen, 2018).

Latvijas lauksaimniecības nozare ekoloģisko raksturlielumu ziņā ir neapskaužamā stāvoklī, tā saražo tikai 4% no IKP, tajā pašā laikā tā ir trešā lielākā SEG ražotāja. Atbilstoši Latvijas Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas 2019. gada datiem, lauksaimniecības nozare ir atbildīga par 23,6 % no Latvijas SEG emisijām. Tas lauksaimniecības nozari nostāda nedrošā stāvoklī, jo tās zemā ekonomiskā nozīme var izraisīt politiskas uzmanības trūkumu un tādējādi kavēt tās attīstību, ieskaitot lēnāku jauninājumu ieviešanu un lēnāku pāreju uz ilgtspējīgākām darba metodēm. Līdz ar to, ideālā scenārijā lauksaimniecības attīstībai nākotnē notiktu vienlaicīga lauksaimniecības nozares ekonomiskās vērtības palielināšana un emisiju samazināšana. Abas iepriekšminētās var sasniegt, veicinot lauksaimniecības resursu ilgtspējīgāku izmantošanu. Šādā veidā ne tikai veicinot emisiju samazināšanu un klimata mērķu sasniegšanu, bet arī, palielinot lauksaimniecības nozares ekonomisko vērtību, ražojot produktus ar augstāku pievienoto vērtību Lauksaimniecības atlikumu izmantošana var dot ievējamus ieguvumus nozares līmenī, papildus tam, tai ir potenciāls dot lielu ieguldījumu atjaunojamās enerģijas izmantošanas palielināšanā arī valsts līmenī. Statistikas dati liecina, ka 2018. gadā tika saražoti 4,5 miljoni tonnu labības (Central Statistical Bureau of Latvia, 2019).

(Scarlat, Fahl, Lugato, Monforti-Ferrario, & Dallemand, 2019) aprēķini liecina, ka no gada laikā Latvijā saražotās labības ilgtspējīgā veidā būtu iespējams iegūt 189 tonnas labības atlikumu sausrā. Tas ir ievērojams izejmateriāla apjoms, turklāt, vērtīgi un potenciāli izmantojami atlikumi vai blakusprodukti iegūstami ne tikai audzējot labību. Potenciāli vērtīgi atlikumi rodas arī no lopkopības (piemēram, kūtsmēsli), mežsaimniecībā (piemēram, koksnes atlikumi, koksnes biomasas), akvakultūrā (piemēram,

zivju atkritumi), lauksaimniecības produktu apstrādē (blakusprodukti). Zems šo atlikumu izmantošanas līmenis nozīmē ne tikai resursu izniekošanu, bet atstāj arī negatīvu ietekmi uz vidi (Scarlat, Fahl, Lugato, Monforti-Ferrario, & Dallemand, 2019).

Somijas pētījumos aprēķināts, ka saražojot tikai 5% no potenciālajiem pasaules elektroenerģijas ražošanas apjomiem, kas sasniedzami kā avotu izmantojot biomasu, saules PV enerģiju, vēja enerģiju un no atkritumiem atgūto enerģiju, līdz 2050. gadam būtu iespējams ar elektroenerģiju nodrošināt 55,4 miljonus pārvietojamu konteineru tipa lauksaimnieciskās ražošanas moduļu. Minētais daudzums šādu lauksaimnieciskās ražošanas moduļu spētu nodrošināt ieteicamo dārzena daudzumu uzturā 24,4% pasaules populācijas. Arī Latvijā pastāv ievērojams potenciāls atjaunojamās enerģijas izmantošanai lauksaimniecībā, kas varētu kļūt par dzinējspēku IKP palielināšanai lauksaimniecībā, vienlaicīgi, palīdzot Latvijai īstenot klimata pārmaiņu mazināšanas mērķus (Farfan, Lohrmann, & Breyer, 2019).

Šajā atskaitē apkopots iespēju un tehnoloģiju apskats ar piemēriem no ārvalstu pieredzes, kā arī veikts Latvijas plānošanas dokumentu īss apskats.

2.1.1. Viedā lauksaimniecība

Lauksaimniecības sektorā žāvēšanas procesi ir vieni no lielākajiem enerģijas patērētajiem, tāpēc tiek meklēti jauni risinājumi enerģijas patēriņa samazināšanā t.sk. izmantojot jaunas tehnoloģijas un atjaunojamās enerģijas avotus. Pētījumā novērtēts viedās lauksaimniecības dizains žāvēšanas procesa nodrošināšanai kā enerģijas avotu izmantojot saules selektīvo absorbētāju, kas novērtēts kā izmaksu efektīvs. Sistēma balstās uz gaisa sildīšanas plāksnēm (*heating flat plate*) un saules absorbētāju (Çiftçiöğlu, Kadırgan, Kadırgan, & Kaynak, 2020).

Vispirms saules enerģija tiek pārveidota par iekšējo enerģiju, tādā veidā saules kolektorus iespējams vērtēt kā siltummaiņus. Enerģijas pārveide tiek īstenota kā absorbcijas process, kurā saules starojumu absorbē kolektora virsma un pārveido to siltumā. Kolektora absorbētais siltums, savukārt tiek pārvadīts uz transporta šķidrums, kas parasti ir gaiss, ūdens vai eļļa.

2.1.1.1 .Viedās lauksaimniecības monitorings izmantojot lietu internetu (IoT)

Bezvadu sensoru tīkli (WSN) aizvien vairāk tiek izmantoti lietu interneta (IoT) ieviešanai viedajā lauksaimniecībā. Bezvadu sensora tīkli (WSNs) tiek izmantoti kā risinājums ierobežotas enerģijas pieejamībai, izmantojot un uzkrājot apkārtējo saules enerģiju WSN mezglos akumulatoru uzlādei. Attiecībā uz saules enerģijas ieguvu un uzkrāšanu pastāv vairāki izaicinājumi, piemēram, saules enerģijas ieguves pārtraukumi, ko ietekmē laikapstākļi, piemēram, mākoņainība, saules enerģijas prognozēšana, kā arī jautājumi saistībā ar saules paneļu pārveidošanas efektivitāti. Viedās lauksaimniecības priekšrocības saistās ar produktivitātes paaugstināšanu, augstāku kultivēto kultūru kvalitāti, kā arī efektīvi pārvaldītu un kontrolētu lauksaimniecības sistēmu, vienlaikus tādā veidā palielinot arī iedzīvotāju ienākumus (Sharma, Haque, & Jaffery, 2019).

Lietu internets sastāv no bezvadu sensora tīkla mezgliem un tiek plaši pielietots temperatūras, gaismas, gāzes, viedās lauksaimniecības un viedo pilsētu monitoringā un kontrolē. Ņemot vērā, ka WSN dizaina trūkumi saistās ar to, ka sensora mezgla akumulatora enerģija ir ierobežota un tiek patērēta īsā laika posmā (dažas dienas), tad kā risinājums sensora tīkla darbības ilguma palielināšanai, enerģijas uzkrāšanai tiek piedāvāts izmantot atjaunojamās enerģijas avotus, piemēram, ar saules enerģiju darbināmos PV paneļus.

Vienas no saules enerģijas izmantošanas un uzkrāšanas bezvadu sensora tīkla mezglos priekšrocībām saistās ar to, ka saules enerģija ir elastīga un to iespējams izmantot dažādas jaudas iekārtām. Saules enerģija ir bez maksas un tā neizraisa atmosfēras piesārņojumu, saules enerģijas sistēmas kalpo vairākus gadus.

2.1.1.2. Precīzā lauksaimniecība

Ja lauksaimniecībā tiek izmantots lietu internets (IoT) un bezvadu sensora tīkli (WSN), tad iespējams izmantotas arī tādas lauksaimniecības uzlabotās metodes kā precīzā lauksaimniecība (PA). Ar precīzās lauksaimniecības metodes palīdzību iespējams vairāk kontrolēt kultūraugu audzēšanas procesu un mājlopu audzēšanu. Izmantojot kultūraugu monitoringa tehnoloģijas iespējams palielināt efektivitāti un samazināt izmaksas, jo ievērojami precīzāk iespējams noteikt aizsardzības līdzekļu devas (Sharma et al., 2019).

Lietu interneta (IoT) ierīces var tikt izmantotas monitoringa sistēmās, kas sastāv no mezgliem, kas mijiedarbojas ar vidi un izmanto sensorus, lai noteiktā laikā savāktu informāciju un to pārsūtītu uz vadības telpu turpmākai apstrādes procesa nodrošināšanai. Precīzajā lauksaimniecībā āra apstākļos sensoru mezgli tiek darbināti ar baterijām, tā kā sensoru mezgli atrodas ārējos apstākļos, tad iespējams izmantot uzlādējamās baterijas un enerģijas uzkrāšanas ierīces.

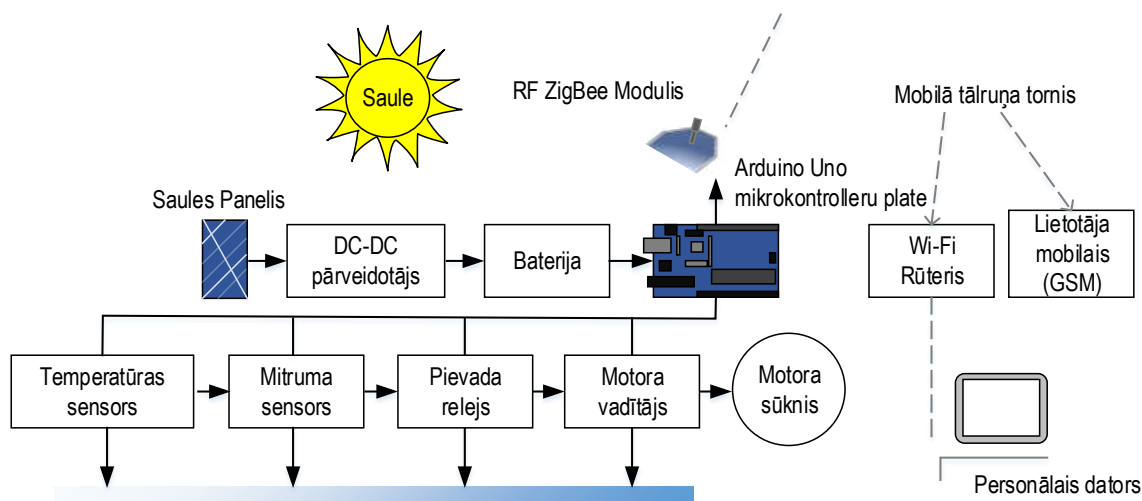
Apvienojot enerģijas ieguves un uzkrāšanas metodes ar zemām izmaksām, kā arī izmantojot mazas jaudas IoT ierīces iespējams ieviest precīzo lauksaimniecību. Izpētīts, ka izmantojot ar baterijām darbināmus sensoru mezglus apvienojumā ar tradicionālajām lauksaimniecības metodēm, iespējams sasniegt augstāku efektivitāti un zemākas kopējās izmaksas.

2017. gadā zinātnieki projektēja sistēmu, kas balstīta uz brīvpieejas pieslēguma IoT ierīcēm, ar mērķi gruntsūdeņos veikt nitrātu koncentrāciju monitoringu. Cits piemērs saistībā ar viedo lauksaimniecības monitoringu ir bezvadu sensoru tīklu (WSN) izmantošana kokvilnas lauku aprīkojot ar automātisko apūdeņošanas sistēmu ar mērķi kontrolēt augsnes mitrumu (Sharma et al., 2019).

2.1.1.3. Viedās lauksaimniecības monitorings izmantojot lietu internetu lauku teritorijās

Nereti, viedās lauksaimniecības sistēmas kā risinājums tiek izmantotas tieši no pilsētām attālinātās teritorijās. Bieži viedās lauksaimniecības metodes tiek pielietotas mitruma mērīšanai augsnē vai pašos kultūraugos. Sensori uztver un veic mitruma līmeņa mērījumus kultūraugos vai augsnē un bezvadu veidā iegūtie dati tiek pārsūtīti uz lietu interneta (IoT) mākonī, savukārt pēc tam uz GSM mobilo tālruni vai Wifi rūteri. Lietotājam ir iespēja kontrolēt izmērītos datus izmantojot uzraudzības un vadības lietojumprogrammu, kas darbojas mobilajā tālrunī vai personālajā datorā. Vienlaikus IoT lietu interneta sensora mezgla darbināšanai nepieciešamā enerģija tiek iegūta un uzkrāta no saules enerģijas PV paneļiem un to iespējams tieši izmantot sensora mezgla uzlādei. Iegūto saules enerģiju iespējams uzglabāt arī akumulatorā, lai lietu interneta (IoT) mezglu varētu darbināt arī nakts laikā (Lingayat, Chandramohan, Raju, & Meda, 2020).

WSN sensora mezgla darbināšanai nepieciešamais saules enerģijas uzkrājējs sastāv no saules paneļa, uzlādējama akumulatora ar līdzstrāvas pārveidotāju, kā arī enerģijas pārvaldības shēmas (Att. 2.1).



Att. 2.1. Viedās lauksaimniecības augsnes mitruma un temperatūras monitoringa sistēma

2.1.2. Saules enerģijas izmantošanas iespējas lauksaimniecības sektorā

2.1.2.1. Saules fotoelektrisko paneļu (PV) izmantošana lauksaimniecībā

Pusvadītāju materiāli, kas pārveido saules gaismu līdzstrāvas enerģijā tiek saukti par fotoelektriskajiem paneļiem (PV). Tipiskas PV sistēmas galvenās sastāvdaļas ir: PV saules enerģijas paneļi, strāvas pārveidotājs, enerģijas uzkrāšanas sistēma un saules enerģijas pārveidotāji. Saules enerģijas fotoelektriskos paneļus (PV) kā enerģijas avotu iespējams izmantot kā atsevišķas vai ar tīkliem savienotas sistēmas. PV paneļi tiek izmantoti dažādos gadījumos, piemēram, ūdens sūkņēšanas nodrošināšanai, akumulatoru uzlādei, mājsaimniecībā kā enerģijas uzkrājējs, ielu apgaismojumā, saldēšanā, kalnrūpniecībā, peldbaseinu apkures sistēmās, ūdeņraža ražošanas procesam (Ganiyu, Martínez-Huitle, & Rodrigo, 2020).

PV paneļu izmantošana augsnes attīrīšanā

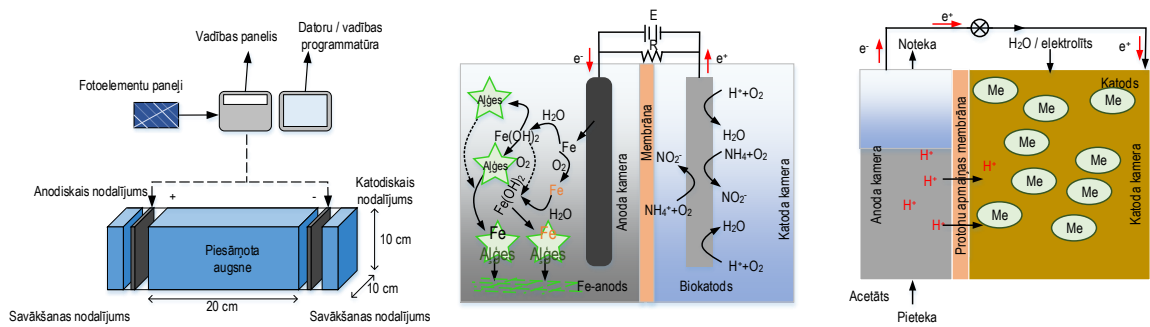
Saules enerģijas fotoelektriskie paneļi novērtēti un tiek izmantoti kā alternatīvs elektroenerģijas avots elektroķīmisku notekūdeņu un piesārņotas augsnes attīrīšanai. Elektroķīmiskā augsnes attīrīšana (EKSR), kurā kā enerģijas avotu izmanto saules enerģijas PV paneļus, izpētīta gan laboratorijās, gan arī izmēģinājuma pētījumos piesārņotas augsnes attīrīšanai no smagajiem metāliem, kā arī ar herbicīdiem piesārņotu augsņu attīrīšanai.

(Ganiyu, Martínez-Huitle, & Rodrigo, 2020) veiktajā pētījumā saistībā ar EKSR izmantošanu augsnes attīrīšana no herbicīdiem (2,4 D) tika novērtēta, ka pēc 15 dienu ilgas augsnes apstrādes tika sasniegta 73,6% augsnes attīrīšanas efektivitāte.

PV-EKSR – metode piesārņotas augsnes attīrīšanai

Pētījumā tika izmantota *In situ* EKSR, ko darbina elektriskais lauks, kas iegūts no PV saražotās elektrības. Pētījumā tika vērtēta kadmija un svina atdalīšanas iespējas no piesārņotās augsnes divkameru MFC, kas aprīkots ar granulētu grafitu kā anodu un oglekļa filcu kā katodu, izmantojot grafitu stieni elektriskajam kontaktam un protonu apmaiņas membrānu kā atdalītāju.

Anoda kamerā, kurā tika ievietoti elektroķīmiski aktīvi mikroorganismi katru dienu tika iesūknēti 396 ml sintētiskā barības vielu šķīduma, savukārt katoda kamera tika piepildīta ar 230 gramu izsijātu žāvētas piesārņotās augsnes, kas tika appludināta ar 200 mililitriem dejonizēta ūdens un ik pēc divām dienām papildus laistīta ar dejonizētu ūdeni. Eksperimentā tika novērtēta, ka smago metālu (kadmija un svina) attīrīšanas efektivitāte pēc 143 dienām bija 31% un 108 dienām - 44,1%. (Att. 2.2) (Ganiyu, Martínez-Huitle, & Rodrigo, 2020).



Att. 1.2. MFC elektrokoagulācijas un MFC elektrokinētiskās augsnes attīrīšanas sistēma

2.1.2.2. Atjaunojamo bateriju koncepts un enerģijas uzglabāšanas iespējas lauksaimniecības atkritumus pārveidojot bioogļēs izmantojot berzes pirolīzi

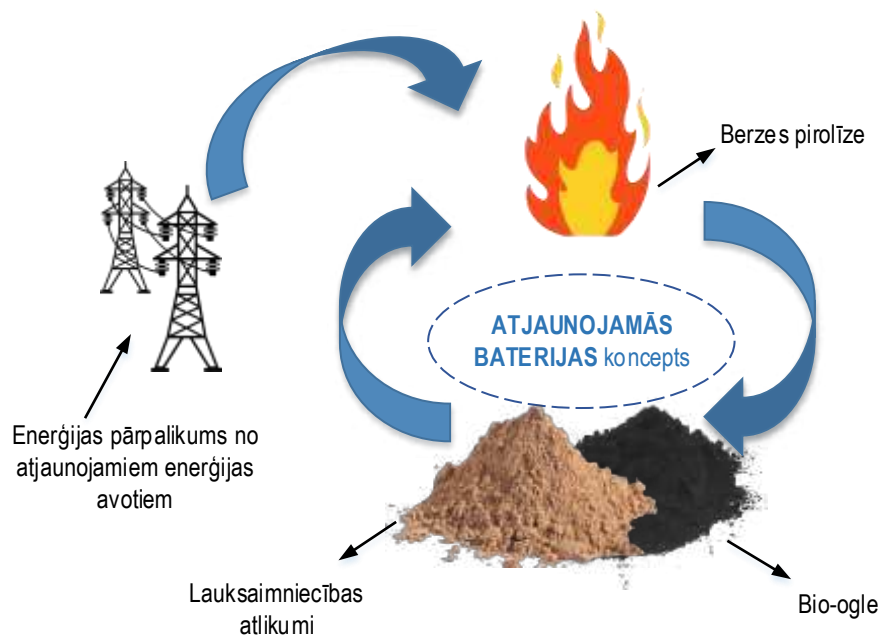
Atjaunojamo akumulatoru koncepts lauksaimniecībā kalpo kā iespēja atjaunojamas un tīrākas degvielas ieguvei. Atjaunojamās enerģijas uzkrāšanas spēja ir bijusi viens no galvenajiem šķēršļiem atjaunojamās enerģijas īpatsvara palielināšanai (Vakalis, Moustakas, Heimann, & Loizidou, 2019).

Tehnoloģija paredz, ka elektroenerģiju, kas iegūta no atjaunojamiem enerģijas avotiem, kur kā izejviela izmantoti lauksaimniecības atlikumi, iespējams izmantot biomasas pārveidošanai bioogļēs. Berzes pirolīzi iespējams definēt kā procesu, kur tiek izmantota mehāniskā enerģija - spiediena un berzes iedarbība, nepievadot ārējo siltumu. Veiktajā pētījumā izmantojot berzes un spiediena iedarbību tika pirolizēta lignocelulozes biomasas. Tā ir atzīta kā alternatīva metode kokogļu ieguvei no lignocelulozes biomasas atlikumiem, termokīmisko pārveidošanas procesu vietā izmantojot tikai mehānisko enerģiju.

Vispirms enerģijas pārpalikums no izmantojamiem atjaunojamās enerģijas avotiem (piemēram, saules vai vēja enerģija) tiek pārvadīts caur elektrotīkliem uz enerģijas pārveidošanas iekārtu - berzes pirolīzes iekārtu. Kalifornijas gadījumā tika izmantoti enerģijas pārpalikumi no saražotās saules enerģijas, savukārt Dānijai tie bija vēja enerģijas pārpalikumi, Norvēģijai - hidroenerģijas.

Iegūtā enerģija, konkrētā pētījuma gadījumā no saules enerģijas pārpalikumiem, tika izmantota elektromotora darbināšanai, ar kura palīdzību tika nodrošināta procesam nepieciešamā mehāniskā enerģija.

Kā izejviela pirolīzes iekārtā tiek izmantoti pirms tam neapstrādāti lauksaimniecības atlikumi. Berzes pirolīzes procesa laikā tiek iegūta cieta agregātstāvokļa oglekļa degviela ar paaugstinātu sadegšanas siltumu un labākām degšanas īpašībām (Att. 2.3).



Att. 2.3. Atjaunojamo bateriju koncepts izmantojot berzes pirolīzi

Pētījumā tika veikta trīs lignocelulozes atlikumu veidu – ozola, kukurūzas, priedes atlikumu pārstrāde izmantojot augstāk minēto tehnoloģiju. Novērtēts, ka labākā veiktspēja bija izmantojot kukurūzas atlikumus. Pārveidojot lauksaimniecības atlikumus (piemēram, kukurūzas atlikumus) biodegvielā, izmantojot berzes pirolīzi, no atjaunojamiem enerģijas avotiem iegūto lieko enerģiju var izmantot, lai izejvielas pārvērstu augsta oglekļa satura produktā. Procesa laikā atdalīti aptuveni 80% mitruma, un kopējā enerģija attiecībā pret sākotnējo ievadīto ir diapazonā no 78,6% līdz 86,8% (Vakalis, Moustakas, Heimann, & Loizidou, 2019).

2.1.2.3. Saules enerģijas sistēmas lauksaimniecības izejvielu vai produktu žāvēšanai

Meksika

Pētījumos pierādīts, ka mākslīgā žāvēšana ir efektīvāka kā citas žāvēšanas metodes. Sildīšanas sistēmu, kas balstās uz saules enerģiju, izmantošana var uzlabot produkta kvalitāti, samazināt radīto atkritumu daudzumu, kā arī samazināt fosilo resursu lietošanu.

Meksika ir viena no lielākajām lauksaimniecības produktu ražotāju valstīm, līdz ar to aizvien būtiskāki kļūst produktu žāvēšanas procesā patērētās enerģijas samazināšanas jautājumi un alternatīvās enerģijas avotu izmantošanas risinājumi. Meksikā, Zakatekā veiksmīgi tika uzstādītas hibrīdās termiskās saules monitoringa iekārtas pārtikas produktu žāvēšanai. Iekārtā siltumenerģija tika nodrošināta ar gaisa sildīšanas sistēmu ar 48 saules kolektoriem un ūdens sildīšanas sistēmu ar 40 saules kolektoriem. Aprēķināts, ka gaisa sildīšanas iekārtu energoefektivitāte bija 39,49% ar maksimālo jaudu 46,14 kW.

Lauksaimniecības produktu žāvēšanai tika izstrādāta un uzstādīta iekārta, kas izmanto saules enerģijas sistēmas - gaisa sildītājus un plāksnes ūdens sildīšanai, bet produktu žāvēšanai tika izmantota arī konvencionālā propāna gāze. Pierādīts, ka starp ar saules enerģiju darbināmiem žāvētājiem pēc to žāvēšanas ātruma un kvalitātes, efektīvākie ir sadalītā tipa piespiedu konvekcijas žāvētāji. Sadalīta tipa piespiedu konvekcijas hibrīda žāvēšanas sistēma, kur kā enerģijas avotu izmanto saules enerģiju, sastāv no žāvēšanas kambara, tiešās un netiešās gaisa sildīšanas sistēmas, konvencionālās sistēmas (García-Valladares, Ortiz, Pilatowsky, & Menchaca, 2020).

Tiešās un netiešās žāvēšanas sistēmas

Ar saules enerģiju darbināmu produktu vai izejvielu žāvētāju galvenā priekšrocība ir tajā, ka šīs žāvēšanas iekārtas neizdala oglekļa monoksīdu, oglekļa dioksīdu, slāpekļa oksīdus un citas vielas, kas parasti tiek izdalītas sadedzināšanas procesos un līdz ar to neveicina piesārņojumu. Lauksaimniecības sektorā pieejami dažādu izmēru, jaudas un dizaina saules enerģijas žāvētāji. Ar saules enerģiju darbināmas žāvēšanas iekārtu sistēmas iedalās tiešajās un netiešajās sistēmās (Lingayat et al., 2020).

Tiešajās žāvēšanas sistēmās attiecīgās izejvielas vai produkti tiek ievietoti konteinerā, kas pārklāts ar caurspīdīgu plastmasu vai stiklu un žāvēšanas process tiek veikts izmantojot saules enerģiju, kas tiek absorbēta caur vāku. Netiešā tipa saules enerģijas žāvētāji (ITSD) ir vieni no visvairāk izmantotajiem žāvētājiem, un tie izceļas ar unikālām darbības īpašībām (Lamidi, Jiang, Pathare, Wang, & Roskilly, 2019).

Netiešās žāvēšanas procesā gaiss tiek sildīts ar saules enerģiju un pēc tam tas tiek izmantots žāvēšanā vai jaukta tipa žāvēšanā, kas ietver saules starojuma un karstā gaisa kombināciju. Izpētīts, ka starp dažāda veida žāvētājiem netiešā tipa saules žāvētāji (ITSD) sasniedz augstāku produkta kvalitāti un arī ir efektīvāki darbojoties ar lielu apstrādājamā materiāla apjomu salīdzinot ar tiešā tipa saules žāvētājiem, jo tie var nodrošināt nepieciešamo temperatūru, veikt precīzāku žāvēšanas kontroli, saglabāt produkta dabisko krāsu, procesa laikā netiek ietekmēta produkta vai izejvielas kvalitāte un šāda tipa žāvētāji ir piemēroti jutīgu kultūru žāvēšanai, piemēram, citronu, gurķu vai papaijas.

Salīdzinot ar tiešās žāvēšanas iekārtām netiešās žāvēšanas gadījumā procesam nepieciešams īsāks laiks, piemēram, rūgtā ķirbja gadījumā žāvēšanas process ar tiešo žāvētāju ilgt 8 stundas, bet netiešā žāvētāja gadījumā - 4 stundas. Būtiskākie parametri žāvēšanas procesa kontrolē ir gaisa temperatūras žāvēšanas laiks un gaisa plūsmas ātrums. Pierādīts, ka izmantojot netiešās žāvēšanas sistēmas iespējams novērst produktu zudumus.

Hibrīdās žāvēšanas sistēmas

Žāvēšanas process var būt ilgtspējīgs, ja, kā enerģijas avots tiek izmantots saules enerģijas sistēmas, biomasas, ģeotermālās sistēmas, kā arī atgūtais siltums no atkritumu reģenerācijas, vai arī, procesa nodrošināšanai apvienotas vairākas sistēmas - hibrīdās žāvēšanas sistēmas. Hibrīdās žāvēšanas sistēmās nereti tiek izmantota saules enerģija apvienojumā ar citām tehnoloģijām, t.sk. biomasas žāvēšanas sistēmām, siltumsūkņiem un saules integrētām siltuma uzkrāšanas sistēmām, kuru mērķis ir novērst žāvēšanas sistēmas nepilnības (Lingayat et al., 2020)

Lielākais žāvēšanas sistēmas trūkums saistās ar produkta kvalitātes zudumu saules enerģijas pārtraukumu laikā t.sk. laikapstākļu ietekmju dēļ, izmantojot hibrīdās saules enerģijas sistēmas, kas balstās uz papildus siltuma enerģijas avotu izmantošanu vai siltumenerģijas uzkrāšanu (TES), iespējams paaugstināt gala produktu kvalitāti.

Hibrīdām žāvēšanas sistēmām tika pētīta to efektivitāte, izmantojot dažādus enerģijas avotus - gan saules enerģiju, gan šķidro naftas gāzi. Rezultāti parādīja, ka izmantojot šo sistēmu 45% efektivitāte tika sasniegta 15 stundās un žāvēšanas laiks no 20,75 stundām samazinājās uz 15,75 stundām. Saules fotoelementu paneļi (PV) un saules kolektori tika kombinēti ar siltuma un elektrības uzkrāšanas iekārtām, lai kompensētu saules enerģijas iztrūkumus žāvēšanas procesā.

Pētījumā tika izstrādātas saules fotoelektriskās un termiskās (PV/T) sistēmas, kurās sfēriskas formas materiāls tika piepildīts ar parafīna vasku. Sistēmas tika pārklātas ar PV šūnām un novietotas taisnstūrveida saules kolektora fokusa punktā. Pēc tam sfēriskās formas materiāls tika novietots uz kastes, kur atradās ventilators un gēla akumulators (elektroenerģijas uzglabāšanas vieta). Kaste, savukārt tika novietota uz siltumnīcas jumta. Saules koncentratora radītais siltums tika izmantots žāvēšanas procesam - karstā gaisa uzsildīšanai, kā arī tas tika uzglabāts parafīna vaskā.

PV elementu saražotā elektriskā enerģija tika izmantota žāvēšanas procesam - žāvējošā gaisa pārvadei, bet daļa iegūtās elektrības tika uzglabāta gēla akumulatorā. Par efektīvu risinājumu, lai

samazinātu saules enerģijas pārtraukumu ietekmi uz dažām kultūrām atzīta arī žāvējošā gaisa recirkulācijas sistēma žāvēšanas procesa laikā.

Pētījuma ietvaros tika uzbūvēts inovatīvs kombinētais saules un biomasas žāvētājs, kas paredzēts kukurūzas žāvēšanai. Gaisa cirkulācija tika nodrošināta izmantojot ar saules enerģiju (PV paneli) darbināmu ventilatoru. Citā pētījumā, lai uzlabotu žāvēšanas iekārtas gaisa cirkulāciju, virs žāvēšanas kameras tika novietota vēja turbīna.

Līdzīgi arī pētīts hibrīdais elektriskais sildītājs - saules žāvētājs, kas aprīkots ar ūdens uzkrāšanas sistēmu. Sistēma galvenokārt tika darbināta ar saules enerģiju, bet elektriskais sildītājs tika izmantots tikai pēc saulrieta vai neatbilstošos laikapstākļos, tā pat arī ūdens krātuves izmantošana nodrošināja nepārtrauktu žāvēšanu periodā pēc saulrieta. Ūdens uzglabāšanas režīmā, ja žāvēšanas procesam nepieciešamā gaisa temperatūra nebija pietiekama, lai nodrošinātu paredzēto temperatūras gradientu, tad papildus tika izmantots elektriskais sildītājs, kā arī, lai uzlabotu sistēmas efektivitāti 65% no žāvēšanas procesa gaisa tika recirkulēts.

Tabulā 2.1 sniegta informācija par hibrīdo žāvēšanas sistēmu efektivitāti.

Tabula 2.1

Hibrīdo žāvēšanas sistēmu efektivitāte

Žāvēšanas metode	Lauksaimniecības produkts	Pētījuma rezultāti
Saules enerģija ar latentā siltuma uzglabāšanu	Piparmētru lapas	Žāvēšana turpinās 5–6 h pēc saulrieta
		Atmaksāšanās laiks ir mazāks nekā divi gadi
Saule-sašķīdinātā naftas gāze	Ananass	Žāvēšanas laiks ir samazināts no 8,0–8,8 h līdz 6,0–6,8 h
Saule-sašķīdinātā naftas gāze	Tomāti	Žāvēšanas laiks, izmantojot sašķīdināto naftas gāzi, ir fiksēts garumā: 15 h, 28 h un 18 h
Elektriskais sildītājs ar saules desikantu	Kenaf core fibre	Žāvēšanas laiks ir samazināts par 24 %
Saules PV/T ar siltumenerģijas uzkrāšanas sistēmu	Spinātu lapas	Žāvēšana turpinās vairākas stundas pēc saulrieta
		Parafīna vasks nodrošina samazinātu temperatūras celšanos PV elementos
Biomasa-Saule	Indijas rieksti	Žāvēšana tiek veikta 7 h laikā, izmantojot piespiedu hibrīdsistēmu, kuras efektivitāte ir 5,08 %
		Žāvēšanas laiks ir 9 stundas ar novēroto dabisko konvekciju 3.17 % apmērā
Saule-Ūdens uzglabāšanas tvertne	Tomāti	Izmantojot hibrīdsistēmu, rodas 56.25 % liels laika ietaupījums, salīdzinot ar žāvēšanu Saulē
		Salīdzinot ar komerciāli pieejamajiem žāvētajiem tomātiem tirgū, tiek sasniegta labāka kvalitāte askorbilpalmitāta, likopēna un flavonoīdu satura dēļ
Saule-elektriskais sildītājs	Tomāti	Saules enerģijas izmantošana rada 6.6-12.5 % lielu enerģijas ietaupījumu
		Žāvētajos tomātos ir novērojama nefermentatīvā brūnēšana, Majjārda reakcija un likopēna noārdīšanās
Saule-biomasa	Saldo kartupeļu čipši	Novērotais hibrīdsistēmas žāvēšanas ātrums ir 0.0142 kg/h, salīdzinot ar 0.00732 kg/h vienā režīmā
Saule-biomasa	Okra, zemesrieksti un saldie kartupeļi	Efektivitāte mainās atkarībā no žāvējamā produkta
	Čipši	Enerģijas efektivitāte svārstās no 0.23% līdz 16.04% atkarībā no okra, zemesrieksta un manioka čipšiem

Solārais žāvētājs ar gaisa recirkulāciju	Pistāciju rieksti	Gaisa cirkulācija nodrošina labāku produkta kvalitāti Žāvēšanas laiks ir samazināts par 19 %
Siltuma atgūšana no Saules-biomasas konvektīvā žāvētāja hibrīdsistēmas	Sarkanais čili	Žāvēšanas efektivitāte svārstās no 9.9 līdz 12.9 %
Saules-biomasas hibrīžāvētājs	Kukurūza	Lai divu gadu laikā tehnoloģija atmaksātos, gada laikā ir jāizžāvē 12,923 kukurūzas maisu
Saules-biomasas vēja ģenerators hibrīdžāvētājs ar daļēju uzskaiti	Kurkuma	Žāvēšanas kabinetē ir 55-60 °C temperatūra 14 h laikā mitruma līmenis ir samazināts no 831.09% (d.b.) līdz 6.68%, salīdzinot ar 25 stundu žāvēšanu atklātā saulē
Electriskais sildītājs un solārais žāvētājs ar gaisa recirkulāciju	Banāni	Mitruma līmenis ir samazinājies no 82% līdz 18% (w.b.) astoņu stundu laikā, salīdzinot ar mitruma līmeni 62 % no žāvēšanas atklātā saulē

Fāžu maiņu materiāli, ko izmanto produktu žāvēšanā

Siltumenerģijas uzkrāšanas sistēma (TES) var būt risinājums enerģijas uzkrāšanai mākoņainās dienās. TES iespējams iedalīt fiziskajā siltumā (*sensible heat*), latentajā siltumā un termoķīmiskajā reakcijā, kas uzglabā siltumu labi izolētos šķidrums vai cietās vielās.

Dažādu žāvēšanas metožu ietekme uz lauksaimniecības produktu kvalitāti

Pētījumā tika novērtētas tomātu funkcionālās izmaiņas izmantojot hibrīdu saules žāvēšanas sistēmu, tiešu saules žāvētāju un žāvēšanu atklātā saulē. No biomasas atgūtā siltuma izmantošana lauksaimniecības produktu žāvēšanai tika novērtēta kā efektīvs risinājums. Izmantojot hibrīdo žāvētāju tomāti salīdzinoši ieguva labāku kvalitāti un par 56,25% tika saīsināts žāvēšanas laiks salīdzinot ar pārējiem žāvētājiem.

Citā pētījumā tika novērtēta četru dažādu žāvēšanas sistēmu ietekme uz ingvera un kurkumas faktūru un krāsu. Pētījums pierādīja, ka integrētajā saules žāvētājā apstrādātajam ingveram un kurkumai bija gan minimāls krāsu zudums, gan drupināšanas izturība, kas atklāja, ka hibrīda žāvētājs ir efektīvāks salīdzinājumā ar citām žāvēšanas sistēmām.

Galvenās hibrīdo žāvēšanas sistēmu priekšrocības ir 1) samazina saules starojuma pārtraukuma ietekmi; 2) biomasas ir viegli pieejama vietējos reģionos; 3) biomasas kurināmā koksne pašlaik ir viens no galvenajiem siltumapgādes avotiem; 4) saules biomasas žāvēšanas iekārtas ir ekonomiski izdevīgākas salīdzinājumā ar citām sistēmām (Lingayat et al., 2020), (Lamidi, Jiang, Pathare, Wang, & Roskilly, 2019).

2.1.2.4. Saules enerģijas izmantošanas iespējas siltumnīcās

Pastāv vairāki atjaunojamās enerģijas avoti, kas izmantojami siltumnīcās kā siltuma avots attiecīgās temperatūras nodrošināšanai, piemēram, biomasas enerģija, saules enerģija vai ģeotermalā enerģija (Gourdo et al., 2019). Siltumnīcās visbiežāk tiek izmantota saules enerģija. Starp gaisa temperatūras paaugstināšanas sistēmām siltumnīcās, kā efektīvs risinājums atzīta, piemēram, ūdens uzkrāšanas sistēma, akmeņu gultnes uzkrāšanas sistēma (*rock-bed storage*) un grunts gaisa savācējs.

Maroka

Marokas pētījumā tika vērtēta akmeņu uzkrāšanas sistēmas (*bed-rock storage*) efektivitāte siltumnīcu izmantošanā. Pētījumā tika izmantota PVC cilindriska caurule, kas tika novietota un ierakta zem siltumnīcas, papildīta ar 225 kg sfēriskas formas akmeņu, kuru īpatnējais siltums un siltumvadītspēja 20°C bija 652 J/(kg.K) un 5 W/(m.K). Sfērisko akmeņu forma tika vērtēta kā svarīgs faktors, jo pateicoties sfēriskajai formai, kas rada brīvu telpu starp akmeņiem, rezervuārā tika veicināta gaisa cirkulācija, liela

apmaiņas virsma starp akmeņiem un gaisu, un līdz ar to akmeņi ātri uzsila un maksimāli spēja uzkrāt siltumu. Dienas laikā, kad temperatūras siltumnīcā pārsniedza 25°C (no 12 līdz 16 stundām), karstais siltumnīcas gaiss, izmantojot ventilatoru, tika ievadīts izveidotās akmeņu gultnes uzkrāšanas sistēmā. Nakts laikā tika uzkrāts aukstais gaiss, kas dienas laikā tika izmantots, lai dzesētu siltumnīcas gaisu. Akmeņu gultnes uzglabāšanas sistēma (*rock-bed storage*) uzskatāma par ekonomisku siltuma uzkrāšanas materiālu un tās priekšrocības saistās ar lielu siltuma pārnesei virsmu, ātru siltumpārnesei, augstu uzkrāšanas jaudu, augstu siltumvadītspēju, zemām izmaksām un ilgu kalpošanas laiku.

Klimatisko parametru eksperimentālo mērījumu rezultāti parādīja, ka gaisa temperatūra siltumnīcā zem kuras ierīkota akmeņu gultnes uzkrāšanas sistēma, naktī ir vidēji par 3 °C augstāka kā citās siltumnīcās, bet dienā par 1,9 °C zemāka kā citās siltumnīcās. Tomātu stādu vidējā minimālā audzēšanas temperatūra bija aptuveni 10 °C. Optimālā temperatūra no 22 °C līdz 26 °C dienas laikā un no 13 °C līdz 18 °C naktī, ar optimālo temperatūru dienā no 21 °C līdz 25 °C.

Tika novērtēts, ka akmeņu gultnes sistēmai bija labvēlīga ietekme uz tomātu ražu, kas salīdzinājumā ar konvencionālajām siltumnīcām bija uzlabojusies par 22%.

2.1.2.5. Saules enerģijas izmantošanas iespējas apūdeņošanas sistēmās

Lai lielās apūdeņošanas sistēmās izmantotu saules enerģiju (PV paneļus) vispirms jāatrisina problēmas, kas saistītas ar saules enerģijas pārtraukumiem, piemēram, nelabvēlīgu laikapstākļu gadījumos, kā arī saules paneļi vairāk jāpiemēro apūdeņošanas sistēmu vajadzībām. Novērtēts, ka, lai novērstu saules enerģijas pārtraukumus, nepieciešams papildus izmantot vēl kādu enerģijas avotu vai arī veidot enerģijas uzkrāšanas sistēmu (piemēram, baterijas, akumulatorus).

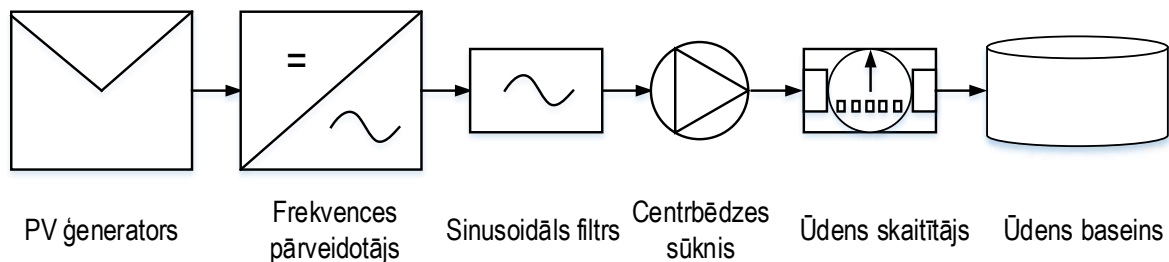
Spānija

2013. gadā Spānijā, Alikantē, Alto Vinalopó kopienā "Candela" pētījuma ietvaros esošajā akā tika ierīkots apūdeņošanas sistēmas prototips, lai kopienā nodrošinātu ūdensapgādi, sūkņa darbināšanai tika izmantota no saules PV iegūtā elektroenerģija - PV ģenerators jauda 20 kWp. (Att.). Frekvences pārveidotāji PV paneļu sūkņēšanas sistēmās kontrolēja PV paneļu ģenerators spriegumu un centrālās motora sūkņus.

Šajā prototipā tika iekļauti inovatīvi risinājumi. Frekvences pārveidotājā tika izstrādāti un ieviesti vadības algoritmi, lai nodrošinātu stabilitāti saules enerģijas pārtraukumu laikā. Vadības algoritmi sastāvēja no šādām darbībām: 1. solis - pēc iespējas īsākā laikā noteikt saules irradiācijas svārstības monitorējot līdzstrāvas spriegumu iekšējā frekvences pārveidotājā. Kad parādās mākoņi, līdzstrāvas spriegums strauji samazinās, standarta frekvences pārveidotāji piedāvā atgriezeniskās saites signālus par iekšējo līdzstrāvas spriegumu, kas ir pārmērīgi, lai reaģētu pret irradiācijas svārstībām. Piedāvātajā prototipā frekvences pārveidotājam tika pievienots tiešs un ātrs līdzstrāvas sprieguma sensors. 2. solis - Tiklīdz tika konstatēta irradiācijas samazināšanās, PID kontrolieris tika deaktivizēts un izejas frekvence tika samazināta, lai iegūtu jaudu reģenerācijai centrālās sūkņēšanas, lai līdzstrāvas spriegumu frekvences pārveidotājā noturētu stabilu. 3. solis - Ja mākoņi pārgāja, PID kontrolieris tika atjaunots ar sākotnējiem parametriem normālai darbībai. Ja mākoņi nepārgāja turpinot samazināt irradiāciju, tad ar palēninājumu tika veikta kontrolēta apstāšanās.

Rezultāti parādīja, ka izmantojot minēto sistēmu sūkņētā ūdens apjoms sasniedza 258 562 m³, kas atspoguļoja vidējo dienas sūkņētā ūdens apjomu - 236,13 m³.

Ekonomiskā analīze parādījusi, ka lauksaimniecībā izmantojot PV paneļu apūdeņošanas sistēmas iespējams ietaupīt līdz par 60% no izmaksām par elektrību. Sistēmas darbības efektivitāte lielā mērā atkarīga no ģeogrāfiskās atrašanās vietas, ūdens pieejamības, kā arī lietotāju paradumiem (Narvarte et al., 2018).



Att. 2.4. Apūdeņošanas sistēma shēma kā enerģijas avotu sūkņa darbināšanai izmantojot no saules PV iegūtu elektroenerģiju

2.1.3. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas lauksaimniecībā

2.1.3.1. Kombinētās sistēmas. Biomas kopā ar vēja enerģiju izmantošanas iespējas

Vēja ģeneratoru izmantošana kopā ar biomasas enerģiju

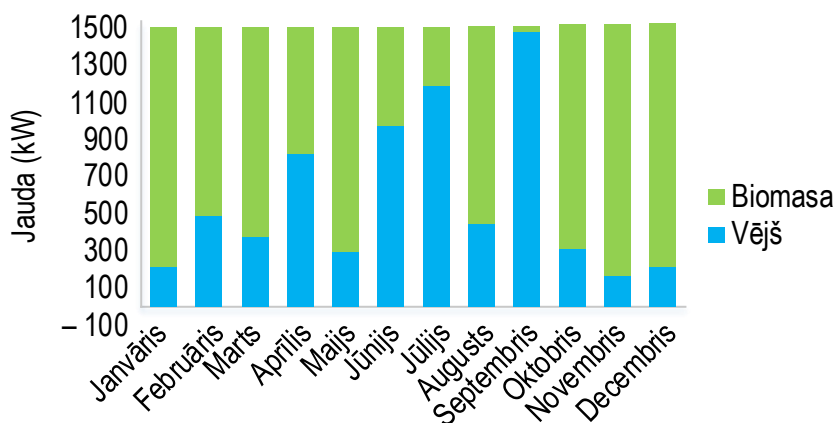
Veikti vairāki pētījumi par biomasas kombinēto sistēmu efektivitātes novērtēšanu. Izpētīts, ka biomasas izmantošana kā papildus enerģijas avots ir efektīvs risinājums, lai novērstu saules enerģijas pārtraukumus. Vienā no pētījumiem vērtētas PV-vēja - biomasas kombinēto sistēmu izmantošanas iespējas septiņās dažādās vietās Austrālijā. Pētījumos novērtēts, ka izmantojot hibrīdo sistēmu, efektivitāte palielinājusies no 3 līdz 10% (Tajeddin & Roohi, 2019).

Irāna

Vēja-biomasas sistēmas izmantošanas iespējamība Irānā aplūkota pētījumā, kas koncentrējas uz kombinētās sistēmas - vēja parka un biomasas gazifikatora ekonomisko un tehnisko novērtējumu. Atjaunojamās enerģijas sistēma sastāvēja no vēja turbīnām un biomasas enerģijas rezervēm, kopējā hibrīdās sistēmas uzstādītā vēja-biomasas jauda bija 1,5 MW. Ņemot vērā, ka Irānā lielāko biomasas daļu veido lauksaimniecības atlikumi, visbiežāk kviešu un miežu atlikumi, tad pētījumā izmantotā biomasas sastāvēja tieši no šiem lauksaimniecībā radītajiem atlikumiem. Biomasas gazifikatorā lauksaimniecības atlikumi tika pārstrādāti gāzveida degvielā, kas tālāk tika izmantota elektroenerģijas ražošanai.

Aprēķini parādīja, ka nepieciešamais lauksaimniecības atlikumu daudzums enerģijas ieguvei gadā ir aptuveni 892,3 tūkstoši tonnas, kas padara biomasu par piemērotu resursu vēja enerģijas deficīta gadījumos.

Pētījumā novērtēts, ka kombinētā sistēma ar uzstādīto jaudu 1,5 MW ir spējīga darboties bez ierobežojumiem un iegūto elektrību iespējams pārvadīt centralizētajos tīklos (Att. 2.5).



Att. 2.5. Vēja un biomasas enerģijas ražošanas iespējas Irānā gada griezumā

Vēja enerģijas izmantošana ūdens sūkņēšanas sistēmās

Vēja enerģija tiek izmantota kā elektroenerģijas avots arī ūdens sūkņēšanas sistēmās. Ūdens sūkņēšanai nereti tiek izmantotas atsevišķas mazas turbīnas, kuru jauda ir mazāka par 100 kW (Ganiyu, Martínez-Huitle, & Rodrigo, 2020).

2.1.3.2. Augsnes elektroķīmiskās attīrīšanas iespējas kā enerģijas avotu izmantojot vēja enerģiju

Pētījumos novērtēts, ka vēja enerģiju iespējams izmantot kā efektīvu papildus risinājumu arī piesārņotu notekūdeņu un augsnes attīrīšanai. Novērtēts, ka vēja turbīnas kā enerģijas avotu iespējams izmantot, lai ar elektroķīmiskām metodēm veiktu ar herbicīdiem (2,4-D) piesārņotas augsnes attīrīšanu. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem 15 dienu laikā tika attīrīti 53,9% no piesārņotās grunts, tomēr izmantojot konvencionālās metodes tajā pašā laikā tika sasniegts 90,2% augsnes piesārņojuma samazinājums.

Somijā, lai veicinātu vēja enerģijas izmantošanu lauksaimniecībā, ieteikts veidot kopīgus vēja parkus un kopienas, veidojot klasteru sistēmas (Rikkonen, Tapio, & Rintamäki, 2019).

2.1.4. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas lauksaimniecībā

2.1.4.1. Lauksaimniecības produktu žāvēšana izmantojot ģeotermālo enerģiju

Ģeotermālā enerģija lauksaimniecībā var tikt izmantota, piemēram, elektroenerģijas ražošanai, dzesēšanai, kā arī lauksaimniecības kultūru žāvēšanai. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas efektivitāte lielā mēra atkarīga no tās termiskajām īpašībām. Novērtēts, ka augstas entalpijas enerģija ($T > 150\text{ °C}$) galvenokārt tiek izmantota elektroenerģijas ražošanai, vidējas entalpijas enerģija ($100\text{e}150\text{ °C}$) elektroenerģijas ražošanai izmantojot galvenokārt ORC tehnoloģijas, savukārt zemas entalpijas enerģija ($T < 100\text{ °C}$) tiek izmantota tiešai lietošanai (Ambriz-Díaz et al., 2017).

Produktu žāvēšana ar kaskādes tipa ģeotermālo enerģiju

Kā viena no efektīvām lauksaimniecības produktu vai izejvielu žāvēšanas sistēmām atzīta ģeotermālās enerģijas kaskādes sistēma. Pētījumā novērtēta kaskādes sistēma, kas sastāv no trīs līmeņiem. Pirmo līmeni veido elektroenerģijas ražošana, otrajā līmenī tiek veikta dzesēšana, bet trešajā līmenī ietilpst lauksaimniecības produktu vai izejvielu žāvētājs. Veiktā pētījuma rezultāti parādīja, ka žāvēšanas sistēmas iekļaušana ģeotermālās enerģijas kaskādes sistēmā ir ekonomiski izdevīga, tiek sasniegta lielāka energoefektivitāte. Balstoties uz pētījuma rezultātiem izmantojot trīs līmeņu kaskādes sistēmu ar jaudu 110 kWē gada laikā siltumnīcefekta gāzu emisiju apjoms samazinājās par 537,7 tonnām. Lai novērtētu izdalītās CO₂ emisijas tika pieņemts, ka kaskādes sistēma ražojot elektroenerģiju izmantojot ģeotermālo enerģiju, izdala vienu sesto daļu CO₂ salīdzinot ar iekārtām, kas sadedzina dabasgāzi. Kopumā ģeotermālās enerģijas kaskādes tehnoloģiju izmantošana saistās ar izdevīgāku enerģijas lietojumu un mazākām emisijām (Ambriz-Díaz et al., 2017).

2.1.4.2. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas akvakultūrā

Irāna

Irānā tika veikts pētījums saistībā ar ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējām konkrētā foreļu audzētavā, vērtējot temperatūras atbilstību foreļu augšanas apstākļiem ar un bez ģeotermālās enerģijas izmantošanas. Ģeotermālā enerģija kā sildavots foreļu audzētavā viena gada laikā tika izmantota astoņos aukstajos mēnešos.

Ģeotermālā šķidrums radītais spiediens un temperatūra var tikt izmantota siltumapgādes, siltā ūdens nodrošināšanā. Kad ģeotermālais šķidrums pārvietojas, notiek šķidrums siltuma pārnese. Pētījumā, pamatojoties uz siltuma faktoriem un iegūto ģeotermiskā šķidrums potenciālu, tika aprēķināti siltuma slodzes indeksi, siltuma pretestība, kā arī laiks, kāds nepieciešams, lai nodrošinātu optimālus

temperatūras apstākļus foreļu augšanai zivju audzētavā. Pētījumā tika analizēta tieša ģeotermālā šķidrums izmantošana astoņos aukstajos gada mēnešos foreļu audzētavā un ietekme uz siltuma faktoriem izmantojot un neizmantojot ģeotermālo šķidrums.

Varavīksnes foreļu augšanai un attīstībai optimālās temperatūras ir diapazonā no 12 līdz 17 °C. Tātad par minimālo optimālo foreļu augšanai nepieciešamo temperatūru pieņēma 12 °C, kas tika ņemta vērā visos mēnešos, aprēķinot siltuma faktorus. Siltuma faktori tika aprēķināti un noteikti izmantojot matemātiskos modeļus. Pētījumā foreļu audzēšanai tika izmantots ģeotermālais šķidrums nodrošinot minimālo temperatūru optimāliem augšanas apstākļiem (11,53–12,03 °C, ar vidējo temperatūru 11,92 °C).

Tā kā apkārtējā temperatūra ir vēsāka, palielinās arī siltuma izkliede, bet pie augstākas vidējās temperatūras siltuma izkliede samazinās. Pētījumā, pievienojot ģeotermisko šķidrums tika samazināta siltuma izkliede. Pētījumā novērtēts, ka laiks, kas nepieciešams dzesēšanai vai minimālās augšanas temperatūras sasniegšanai izmantojot ģeotermālo šķidrums, visos mēnešos bija gandrīz identisks - 4,5 reizes, salīdzinot ar sistēmu, kur netika izmantots ģeotermiskais šķidrums. Tika secināts, ka ģeotermālā šķidrums izmantošana rada stabilus apstākļus neatkarīgi no mēneša (Asl & Gilandeh, 2019).

2.1.5. Biomasas izmantošanas iespējas lauksaimniecības sektorā

Biomasu iespējams pārveidot ķīmiskos produktos, lai iegūtu elektroenerģiju, siltumu un degvielu. Katru gadu lauksaimniecībā tiek saražoti aptuveni 3,7–5,1 miljardu tonnu lignocelulozes biomasas atlikumi. Tādējādi lauksaimniecības atlikumu izmantošana enerģijas ražošanai ir nozīmīga un nepieciešama stratēģija atjaunojamās enerģijas mērķu sasniegšanai (Lamidi et al., 2019), (Wang et al., 2019).

Lauksaimniecības atlikumus iespējams iedalīt primārajos atlikumos, kas veidojas ražas novākšanas procesā, piemēram, rīsu salmi, kokvilnas kāti vai sekundārajos atlikumos, kas veidojas jau pēc ražas novākšanas, veicot kultūraugu tālāku apstrādi, piemēram, smalcināšanas procesā vai ekstrahējot eļļu rodas izspaidas un mizas (Gojiya, Deb, & Iyer, 2019).

2.1.5.1. Lauksaimniecības atlikumu izmantošanas metodes un tehnoloģijas (termoķīmiskā pārveidošana, bioķīmiskā pārveidošana, sintēzes gāze)

Lauksaimniecības atlikumi parasti satur celulozi, lignīnu, hemicelulozi, sastāvdaļas, ko izmantojot gazifikācijas tehnoloģiju iespējams pārveidot ilgtspējīgā enerģijā (Samadi, Ghobadian, & Nosrati, 2020).

Irāna

Irānā aptuveni 30% no lauksaimniecībā saražotās produkcijas veido lauksaimniecības atlikumi. Lauksaimniecības atlikumi veidojas dažādos pārstrādes posmos un var tikt izmantoti kā zaļās enerģijas avoti, piemēram, biodīzeļdegviela un bioetanol. Neskatoties uz to, ka Irānā, Kuzestānas provinces dienvidos tiek saražoti lieli cukurniedru apjomi, kā arī ir atbilstoša ūdens pieejamība, radītie lauksaimniecības atlikumi netiek izmantoti bioetnola ražošanai.

Pirmie četri lauksaimniecības atlikumu veidi, kam tika novērtēts to enerģijas ražošanas potenciāls bija kviešu salmi, sorgo kāti, cukurniedru izspaidas. Apzināts, ka enerģijas ražošanai kā izejvielu izmantojot cukurniedru izspaidas un gazifikācijas tehnoloģiju, piemīt augstāka kvalitāte attiecībā uz kopējo biomasas daudzumu (Safieddin Ardebili & Khademalrasoul, 2018).

Lauksaimniecības atlikumu biomasas pārveides tehnoloģijas

Biomasas pārveidē tālākas enerģijas iegūšanai par vizizplatītākajām tehnoloģijām tiek uzskatītas sadedzināšana un līdzdedzināšana, kā arī biogāzes ieguve caur anaerobās sadalīšanās procesiem

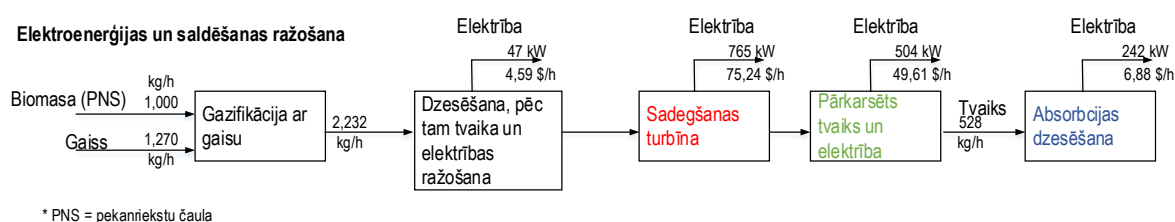
(Samadi et al., 2020). Atsevišķu lauksaimniecības atlikumu veidu mitruma saturs lielā mērā ietekmē to enerģijas ieguves potenciālu. Citos avotos kā izplatītākās un efektīvākās biomasas pārveidošanas tehnoloģijas tiek uzskatītas biomasas blīvēšana, pirolīze un gazifikācija (Akkoli, Gangavati, Ingalagi, & Chitgopkar, 2018).

Lauksaimniecības atlikumu pārveidošana sintēzes gāzē

Lauksaimniecībā vai mežsaimniecībā radītos biomasas atlikumus iespējams pārveidot sintēzes gāzē, lai iegūtu elektroenerģiju vai siltumenerģiju vai ķīmiskās vielas. Bain (2007) salīdzināja dažādas tehnoloģijas, lai izmantojot dažādas atjaunojamās izejvielas biomasu pārveidotu šķidrā biodeģvielā. Vēl viena no alternatīvām biomasas atlikumu pārveidošanai ir atlikumu transformēšana ķīmiskajās vielās (Lozano & Lozano, 2018).

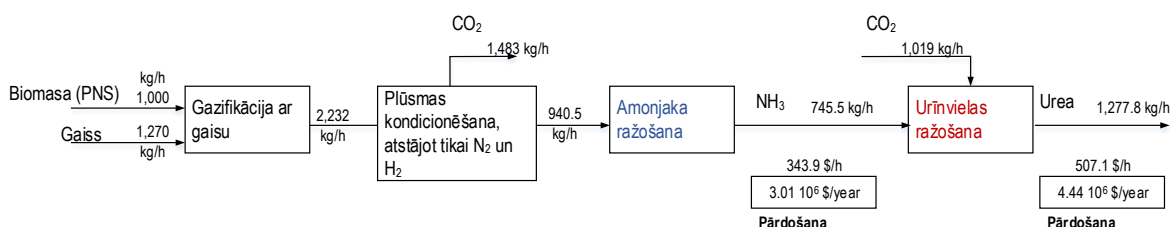
Mendoza et.al. (2015) pētījumā par biogāzi izmantoja biomasas atlikumus gazifikācijai, raksturojot un novērtējot pekanriekstu čaumalu. Pētījumā tika novērtēts, ka atlikumus iespējams izmantot, lai iegūtu sintēzes gāzi sajauktu ar slāpekli. Lai gan saražotā gāze satur augstas slāpekļa koncentrācijas tā var tikt izmantota kā degviela. Kā vēl viena alternatīva ir koksnes gazifikācija augstā temperatūrā izmantojot tvaiku sintēzes gāzes ražošanā, kas nav atšķaidīta ar slāpekli.

1. Biomasas atlikums (pekanriekstu čaumala) gazificēts ar substehiometrisku gaisu veido gāzes plūsmu, kas satur CO, H₂, CH₄, slāpekli, atdzesējot rada pārkarsētu tvaiku, kas ražo elektrību. Atdzesētā gāze tiek pakļauta spiedienam un tiek sadedzināta turbīnā, saražojot vairāk elektrības, sadegšanas gāzes rada pārkarsētu tvaiku, kas rada vēl vairāk elektrības, savukārt zemā spiediena izplūdes tvaiks tiek izmantots, lai nodrošinātu dzesēšanu absorbcijas atdzesēšanas sistēmā kombinācijā ar amonjaku - ūdeni (Att. 2.6).



Att. 2.2. Elektroenerģijas un saldēšanas procesi

2. Biomasas atlikums (pekanriekstu apvalks) tāpat kā pirmajā gadījumā tiek gazificēts ar substehiometrisku gaisu, bet šajā variantā vēl tiek veikta gāzes plūsmas apstrāde, iegūstot gāzes maisījumu, kas pārsvarā satur slāpekli un ūdeņradi (Att. 2.7).



Att. 2.7. Gāzes plūsmas apstrāde iegūstot gāzes maisījumu ar slāpekli un ūdeņradi

2.1.5.2. Lauksaimniecības atlikumu izmantošana enerģijas ieguvē

Lauksaimniecības kultūru atlikumu izmantošana dzīvnieku barībai tiek uzskatīta par neefektīvu biomasas izmantošanas veidu, jo lielākajai daļai lauksaimniecības atlikumu ir enerģijas ražošanas potenciāls (Go, Conag, Igdon, Toledo, & Malila, 2019).

Lauksaimniecības atlikumi, piemēram, labības salmi, rīsu miziņa, dzīvnieku kūtsmēsli, tiek ražoti dažādos lauksaimniecības posmos, un tos iespējams izmantot enerģijas ražošanas procesos. Novērtēts, ka lignocelulozes biomasai, ko attiecīgi veido lignīns un celuloze, piemēram, lauksaimniecības atlikumiem ir liels enerģijas ražošanas potenciāls, kā arī lauksaimniecības atlikumu izmantošanu neietekmē konkurence ar pārtikas ražošanu (Samadi et al., 2020).

Lauksaimniecībā radītie atlikumi var tikt izmantoti kā enerģijas avots, piemēram, augkopībā saražoto apelsīnu mizas var tikt izmantotas kā enerģijas avots elektroenerģijas ražošanai vai kā kurināmais elements tehnoloģijās. Apzināts, ka lauksaimniecībā radīto atlikumu izmantošanai ir potenciāls uzlabot kopējo CO₂ bilanci (Bedoić, Ćosić, & Duić, 2019).

Novērtēts, ka kokvilnas kāti un zemesriekstu čaumalas, kam ir augsts barības vielu saturs, nav uzskatāmi par izmaksu efektīviem izmantošanai elektroenerģijas ražošanai. Savukārt, rīsu un kviešu atlikumu izmantošana enerģijas ieguvei uzskatāma par rentablu, ja tiek izmantotas biomasas pārveides tehnoloģijas (Gojiya et al., 2019). Tāpat arī apzināts, ka Eiropas Savienībā visaugstākais potenciāls lauksaimniecības atlikumiem ir kviešu salmiem, kukurūzas atlikumiem, miežu un rapšu salmiem. Izpētīts, ka Indijā gada laikā iespējams iegūt 686 Mt labības atlikumu ar prognozēto enerģijas potenciālu 4,15 EJ, kas ir aptuveni 17% no Indijas kopējā primārās enerģijas patēriņa (Vakalis et al., 2019).

Tāpat arī lauksaimniecības atlikumi vai blakus produkti var tikt izmantoti, lai zemas kvalitātes materiālus pārstrādātu augstākas kvalitātes materiālos. Piemēram, lauksaimniecībā radītos blakus produktus iespējams pārstrādāt videi draudzīgos un ilgtspējīgos materiālos un nanošķiedrās, kas iegūtas no micēlija sēnes kompozītiem, iespējams izmantot kā kosmētikas sastāvdaļu, farmācijā, kā arī ūdens attīrīšanā. Lauksaimniecības blakusproduktus, kas iegūti no kokvilnas, liniem, kaņepēm, rīsiem, sorgo un kviešiem, bieži izmanto tikai kā pildvielu kompozītmateriālos (Jones et al., 2019).

Enerģijas produkti, ko iespējams iegūt no biomasas un tās atlikumiem ir biogāze, sintēzes gāze ūdeņradis, biometāns, bioetānols, kā arī biodīzelis (Lozano & Lozano, 2018).

Zviedrija un Dānija

Zviedrijas Starptautiskā atjaunojamās enerģijas aģentūra aprēķinājusi, ka līdz 2030.gadam enerģijas ieguvei jāizmanto 13–30 EJ y⁻¹ lauksaimniecības atlikumi, lai līdz 2030.gadam sasniegtu noteikto ilgtspējīgas enerģijas mērķi divkārtot atjaunojamās enerģijas īpatsvaru pasaules enerģijas struktūrā. Pētījumā novērtēts primāro lauksaimniecības atlikumu - graudaugu un cukurniedru šā brīža globālais teorētiskais potenciāls - 3,7 Pg sausnas gadā, kas atbilst 65 EJ y⁻¹. Līdz ar to secināms, ka izmantojot minētos lauksaimniecības atlikumus iespējams sasniegt līdz 2030.gadam izvirzītos mērķus attiecībā uz atjaunojamās enerģijas īpatsvara palielināšanu.

Dānijā un Zviedrijā lauksaimniecības atlikumi, ko tradicionāli izmanto enerģijas ieguvei ir atlikumi no kviešiem un miežiem, kā arī atlikumi, kas rodas rapšu audzēšanas un pārstrādes procesos.

Dārgo fosilo degvielu iespējams aizstāt ar lauksaimniecībā radītajiem salmiem. Etanolu iespējams izmantot transportlīdzekļu iekšdedzes dzinējos, savukārt gāzveida degvielu iespējams izmantot dabasgāzes vietā, vai nu caur centralizētajiem tīkliem vai arī izmantot koģenerācijas iekārtu darbībā (Bentsen, Nilsson, & Larsen, 2018).

Bolīvija, Dienvidamerika

Bolīvija ir Dienvidamerikas valsts, kas ir atkarīga no fosilā kurināmā, īpaši dabasgāzes un atjaunojamā enerģija veido tikai 5,4% no kopējā energoresursu apjoma. Lai samazinātu atkarību no fosilajiem resursiem, Bolīvijas valsts pārvalde īstenoja stratēģisko politiku ar mērķi līdzšinējo importēto un vietējo fosilo kurināmo aizstāt ar atjaunojamās enerģijas resursiem. Tiek paredzēts, ka 2025. gadā

izmantojot hidroenerģiju saražotā elektroenerģija veidos 74% no kopējā apjoma, savukārt citu atjaunojamās enerģijas avotu kopējais īpatsvars no kopējā saražotā elektroenerģijas daudzuma veidos tikai 4%.

Lauksaimniecības atlikumu izmantošanai ir potenciāls radīt tīru un ilgtspējīgu enerģiju, ja tiek veikta atbilstoša biomasas pārveide. Viena no Bolīvijas pilsētām - Santakrusa, novērtēta kā viena no galvenajām vietām Bolīvijā ar augstu lauksaimniecībā radītās biomasas atlikumu pieejamību - 3,3 M s. t/gadā un potenciālo saražotās enerģijas apjomu 4,5 TWh/gadā. Novērtēts, ka ar lauksaimniecības atlikumiem saražotais enerģijas apjoms atbilstu 722 MW, kas ir 34% no kopējās Bolīvijā uzstādītās jaudas (Morato, Vaezi, & Kumar, 2019).

Indija, Karnatakas štats

Apzināts, ka lauksaimniecībā radīto biomasas atlikumu izmantošana ir piemērota, lai nodrošinātu elektroenerģiju lauku reģionos. Karnataka ir piektais lielākais lauksaimniecības atlikumus radošais štats Indijas dienvidrietumu daļā. Lielāko lauksaimniecības atlikumu apjomu veido čili piparu, baložu zirņu kāti (*Cajanus cajan*) un sojas pupiņu kāti. Šo lauksaimniecības atlikumu mitruma saturs ir no 4 līdz 7%, kas ir atbilstoši gazifikācijas procesa diapazonam un ogleklis no 46 līdz 49%, kas kopumā veicina lielāku enerģijas potenciālu. Lauksaimniecības atlikumi uzskatāmi par salīdzinoši ar citiem labāku enerģijas avotu, un apzināts, ka to izmantošana enerģijas ieguvei novedīs pie atlikumu ekonomiskas pārvaldības (Akkoli et al., 2018).

2.1.5.3. Lauksaimniecības atlikumu izmantošana elektroenerģijas un siltumapgādes nodrošināšanā (CHP – koģenerācijas iekārtās)

Dienvīdītālīja, Kalabrijas reģions

Kalabrijas reģionā, Dienvīdītālījā atjaunojamās enerģijas avotu izmantošana galvenokārt saistās ar hidroenerģiju (1,404 TWh/gadā) un vēja enerģiju (1,866 TWh/gadā), apmēram 10% no saražotās hidroenerģijas tiek eksportēta uz citiem reģioniem, savukārt vēja enerģija tiek pilnībā patērēta lokālā mērogā. Vidēji gadā izmantojot saules enerģiju tiek saražoti 615 GWh un izmantojot biodegvielu 977 GWh, kas ir mazāk nekā nepieciešams, lai reģionā nodrošinātu atbilstošu elektroenerģijas apjomu (1010 un 6490 GWh/gadā).

Lai novērtētu enerģijas un enerģijas potenciālu, kas saistīts ar lauksaimniecības atlikumu izmantošanu vispirms ir jāaprēķina pieejamais biomasas daudzums, ņemot vērā, ka atliekvielu teorētiskais potenciāls ir ierobežots citu alternatīvu atliekvielu izmantošanas dēļ. Lai apzinātu pieejamās biomasas atlikumu faktisko potenciālu tālākas enerģijas ieguvē tika noskaidrots pieejamības faktors (Algieri, Andiloro, Tamburino, & Zema, 2019).

Kalabrijā lauksaimniecībai paredzētā zeme aizņem 703 931 h, kas ir 46,4% no reģiona kopējās platības. Līdz ar to lauksaimniecības atlikumu izmantošana ir viens no iespējamiem risinājumiem, lai mazinātu neatkarību no tradicionālo fosilo resursu izmantošanas, kā arī samazinātu spiedienu uz vidi, kas saistīts ar lauksaimniecības atlikumu pārvaldību (Venturini, Pizarro-Alonso, & Münster, 2019).

Itālijā, Kalabrijas reģionā veiktajā pētījumā novērtēts, ka pētāmajā apgabalā biomasas atlikumu apjoms gadā veido aptuveni 820 000 tonnu, kas var tikt izmantots kā enerģijas avots nelielas jaudas koģenerācijas stacijās, lai lokālā un reģionālā mērogā iedzīvotājus nodrošinātu ar elektroenerģiju un siltumapgādi. Balstoties uz pētījumā veikto analīzi apzināts, ka ar pieejamo biomasas atlikumu apjomu varētu vienlaicīgi ar siltumapgādi nodrošināt ap 116 000 mājsaimniecību un ar elektroenerģiju aptuveni 178 000 mājsaimniecību (Venturini et al., 2019).

Pētījuma rezultātos norādīts, ka izmantojot biomasas atlikumus (uz iedzīvotāju) varētu nodrošināt ar elektroenerģiju un siltumapgādi 288,0 kWh_{el} un 587,6 kWh_{silt}, nodrošinot siltumapgādi 128 000 mājsaimniecības un ar elektroenerģiju 215 000 mājsaimniecības, balstoties uz Dienvīdītālījas vietējo iedzīvotāju vidējo patēriņu (2616 kWh_{el} and 9029 kWh_{silt}).

Pētījumā novērtēts, ka Kalabrijas reģionā potenciālās sausās lignocelulozes atlikumi veido aptuveni 290 kilotonnas gadā. Savukārt, lielāko biomasas apjomu sastāda atlikumi no olīvu birzīm ar apjomu 230 kilotonnas. Olīveļļas spiestuves saražo lielāko pārstrādes atlikumu daudzumu saistībā ar olīvu kultūru plašu izplatību (85% no kopējās reģiona lauksaimniecības platības). Citrusaugļu koku atlikumi veido 40 kilotonnas gadā, savukārt vīnogu biomasas ir zemāka par 14 kilotonnām. Pētījumā apzināts, ka viens no risinājumiem efektīvai lauksaimniecības atliekvielu izmantošanai tālākai enerģijas ražošanai ir olīveļļas spiestuvju, citrusaugļu pārstrādes rūpnīcu, vīna darītavu organiskos atlikumus sajaukt ar citiem substrātiem, kas nereti ir salmi vai dzīvnieku mēsli. Mājputnu mēsli novērtēti kā piemērotākais substrāts bioķīmiskās enerģijas pārveides procesiem, mēslus iespējams sajaukt arī ar citiem substrātiem, piemēram, ar lauksaimniecības un pārtikas rūpniecības atlikumiem, lai līdzsvarotu oglekļa un slāpekļa attiecību un paaugstinātu pH līmeni (Venturini et al., 2019).

Lignocelulozes atlikumu pārstrādei tālākas enerģijas ieguvē kā piemērotākā tika atzīta termokīmiska pārveidošana, kas balstās uz sadegšanas procesiem. Attiecībā uz pārējiem pētījumā apskatītajiem lauksaimniecības atlikumiem - no graudaugu kultūrām, lauksaimniecības un pārtikas rūpniecības) enerģijas ieguvei kā piemērota atzīta bioķīmiskā pārveidošana, kuras pamatā ir anaerobā sadalīšanās, kas novērtēta kā atbilstošs risinājums biogāzes ieguvei un izmantošanai iekšdedzes dzinējos (Venturini et al., 2019).

2.1.5.4. Salmu izmantošana enerģijas ieguvei

Dānija un Zviedrija

Kopš 2009.gada Dānijā darbojas etanola ražošanas demonstrācijas iekārtas, kur kā izejmateriāli tiek izmantoti salmi. Dānijā darbojas deviņas liela mēroga centralizētās koģenerācijas stacijas, kā arī uzstādītas vairākas mazākas jaudas decentralizētās koģenerācijas iekārtas, kur kā izejvielas tiek izmantoti lauksaimniecībā radītie salmi. Savukārt, Zviedrijā vismaz četrās centralizētās siltumapgādes iekārtās siltumenerģijas ražošanai tiek izmantoti salmi. Iekārtu kopējā uzstādītā jauda ir aptuveni 12 MW un kopējais salmu pieprasījums aptuveni 12 Gg y⁻¹. Zviedrijā vidējas jaudas saimniecību iekārtu skaits, kas pārdod iegūto siltumu, ir ap 40, savukārt mazas jaudas iekārtas (~0,5 MW), kur kā izejvielu izmanto salmus, ir 100, un kopējais aptuvenais salmu apjoms enerģijas ieguves nodrošināšanai - 50 Gg y⁻¹.

Dānijā aptuveni 50% no lauksaimniecībā radītajiem salmiem tiek savākti un no šī apjoma 45-50% tiek izmantoti kā izejviela tālākai enerģijas ieguvei. Aprēķināts, ka Dānijā gada laikā kopējais radītais lauksaimniecības atlikumu daudzums ir aptuveni 6 Tg, ko veido labības salmi, veidojot vairāk kā 90% no kopējā apjoma. Atlikušo daļu veido rapšu salmi ar nelielu daļu pākšaugu (zirņu) atlikumu (0,1 – 0,3%).

Analizējot vairākus scenārijus saistībā ar biomasas izmantošanas iespējām un lielākas saražotās enerģijas apjomiem, novērtēts, ka biorafinēšanai vai enerģijas ieguves vajadzībām nepieciešamo salmu daudzumu vajadzētu palielināt līdz 2,9–3,5 Tg/gadā. Saskaņā ar Dānijas politiku, lai sasniegtu noteiktos mērķus salmu izmantošanā enerģijas vajadzībām, tika noteikts, ka līdz 2020.gadam nepieciešams par 1PJ (69 Gg⁻¹) palielināt savāktu salmu apjomu, kas paredzēts tālākas enerģijas ieguvei.

Zviedrijā vissvarīgākais bioenerģijas patērētājs ir meža nozare, galvenokārt koksnes celulozes rūpniecība, kas lielākoties izmanto savas biomasas atlikumus iekšēji. Salīdzinājumā ar citiem biomasas izmantošanas veidiem enerģijas ieguvei, lauksaimniecības atlikumu izmantošana sastāda nelielu daļu. Atšķirībā no Danijas Zviedrijas politikā nav izstrādāti konkrēti stimuli, kas būtu saistīti ar salmu izmantošanas apjoma palielināšanu, kā arī nav noteikti īpaši mērķi attiecībā uz lauksaimniecības atlikumu apsaimniekošanu. Novērtēts, ka kopējā salmu masa, ko būtu iespējams izmantot tālākas degvielas ieguvei varētu būt 0,8–0,9 Tg/gadā, kas atbilst aptuveni 13 PJ/gadā.

Tehnoloģiski neitrālo zaļo sertifikātu sistēma Zviedrijā un tehnoloģiju specifika Dānijā tiek minēti kā iemesli salmu atšķirīgai izmantošanai (Bentsen et al., 2018).

2.1.5.5. Labības atlikumu izmantošana siltumapgādē un elektroenerģijas ražošanā

Dānija

Pēdējos gados lauksaimniecības atlikumi kā enerģijas resurss izraisījuši lielu interesi, jo lauksaimniecības atlikumu izmantošana tiek vērtēta kā labvēlīga siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanai un tās izmantošana enerģijas ieguvei uzskatāma par videi mazāk kaitīgu salīdzinājumā ar citiem biomasas resursiem. Dānijas salmu ilgtspējīgas izmantošanas novērtējumā siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanai līdz 2020.gadam noteikts, ka iekārtas siltumapgādes un elektroenerģijas ražošanai, kur kā izejviela tiek izmantoti salmi, ir atbrīvoti no enerģijas un CO₂ nodokļa. Salmu izmantošana elektroenerģijas nodrošināšanai decentralizētajās koģenerācijas stacijās tiek atbalstīta caur *feed in* tarifu.

Dānijā salmi galvenokārt tiek izmantoti siltumenerģijas un elektroenerģijas nodrošināšanai ar mērķi samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas. Dānijas skatījumā salmu izmantošana enerģijas ieguvei ir veicinājusi arī energoapgādes drošību (Bentsen et al., 2019).

Aprēķināts, ka Dānijā salmi no kviešiem un miežiem, kā arī citiem graudaugiem gadā veido aptuveni 49 000 t/DM, kas atbilst 68 PJ. Novērtēts, ka aptuveni 50% paliek laukā, 23% paredzēti tālākas enerģijas ieguvei un 27% citiem izmantošanas mērķiem. Savukārt, dzīvnieku kūstmēsli atbilst 6200 t DM gadā un no kopējā apjoma 4% tiek izmantoti enerģijas ieguvei un 96% tiek atstāti uz lauka. Ņemot vērā veiktos aprēķinus noskaidrots, ka atlikusī lauksaimniecības atlikumu biomasā gadā veido enerģijas potenciālu diapazonā no 105–145 PJ, kas atbilst 14–19% no Dānijas kopējā 2015.gada primārā enerģijas patēriņa (Venturini et al., 2019).

2.1.5.6. Biogāzes ražošana un digestāta ieguve

Salmu, kūstmēslu un citu izejvielu sajaukšana ar mērķi iegūt biogāzi ir viens no veidiem kā iespējams iegūt digestātu un to izmantot, lai atjaunotu augsnē oglekli un nepieciešamās barības vielas.

2.1.5.7. Bioetanola ražošanas procesā iegūto blakus produktu izmantošana

Fermentācijas procesā ar mērķi iegūt otrās paaudzes bioetanolu, vienlaikus rodas arī vērtīgi blakus produkti, piemēram, lopbarība, kā arī lignīns, ko iespējams atkārtoti izmantot enerģijas un siltuma ieguvei (Zhu, Curtis, & Clancy, 2019).

2.1.5.8. Augstas kvalitātes biogāzes un biometāna ieguves iespējas, izmantojot lauksaimniecības atlikumus

Pēdējos gados biogāzei un tās kvalitātes uzlabošanai tiek pievērsta lielāka uzmanība kā alternatīvam risinājumam fosilā kurināmā aizstāšanai. Piemēri ir etanola iegūšana veicot lignocelulozes izejvielu biorafinēšanu un gāzveida degvielas ieguve izmantojot anaerobās sadalīšanās vai termiskās gazifikācijas metodes (Akkoli et al., 2018).

Biogāze sastāv no aptuveni 60% metāna (CH₄), 40% oglekļa dioksīda (CO₂). Biogāzi iespējams sadedzināt apkures katlos, lai iegūtu siltumu, vai arī izmantot koģenerācijas iekārtās (Zhu et al., 2019).

Eiropa ir pasaules līdere biogāzes ražošanā, saražojot vairāk nekā pusi no pasaules kopējās saražotās produkcijas, tai seko Āzija ar 30% (Valenti et al., 2018). Vācija tiek uzskatīta par vadošo Eiropas valsti biogāzes ražošanā, un galvenokārt biogāzei kā izejmateriālus izmanto kūstmēslus un lauksaimniecības atlikumus (Weide, Baquero, Schomaker, Brüggling, & Wetter, 2020).

Arī Lielbritānija un Itālija ir starp vadošajām biogāzes ražošanas lielvalstīm un galvenokārt ražošanā izmanto atkritumu poligonu gāzi un lauksaimniecības atlikumus. Aprēķināts, ka biogāzes ražošanas apjomi laika posmā no 2000. līdz 2017.gadam palielinājās par 700%, sasniedzot 16,7 miljonus tonnu (Mtoe). Vācijas biogāzes ražošanas apjomi 2017.gadā sasniedza 7845 ktoe biogāzes, kas ir divas reizes vairāk nekā Apvienotajā Karalistē saražotais daudzums. Savukārt, Zviedrijā kopš 2006.gada biogāzes pārdošanas apjomi ir piekārtīgi palielinājušies. Tas ir padarījis Zviedriju par līderi transportā izmantojamās biodegvielas ražošanā (Valenti et al., 2018).

Apzināts, ka 75,6% no Eiropas Savienībā saražotās biogāzes tiek izmantoti siltuma vai elektroenerģijas ražošanai. Piemēram, Dānijā un Nīderlandē biogāze tiek izmantota centralizētas siltumenerģijas un elektroenerģijas nodrošināšanai. Gandrīz visa Itālijā saražotā biogāze tiek izmantota elektrības un siltumenerģijas ražošanai, bet nelielā skaitā ir biometāna ražošanas iekārtas.

Itālija

Itālijā biogāzes rūpniecība nepārtraukti aug, un pēdējos divdesmit gados ir izveidotas vairāk nekā 1300 biogāzes stacijas ar jaudu 8 GWh/gadā, padarot Itāliju par trešo lielāko biogāzes ražotāju pasaulē pēc Ķīnas un Vācijas.

Dažādu organisko atlikumu anaerobā koagulācija ir plaši pētīta metode, lai palielinātu biogāzes ražošanu un samazinātu cieta daļu, digestācijas procesa uzlabošanai. Klasiskā gadījumā ko-digestācijas galvenā pamata izejviela (piemēram, dzīvnieku kūtsmēsli vai notekūdeņu dūņas) tiek sajaukta ar nelielu daudzumu sekundāro izejvielu (piemēram, labības atlikumiem, skābbarības un pārtikas atkritumiem) un ievadīta bioreaktorā (Valenti et al., 2018).

Muradin and Foltynowicz (2014) pētīja ekonomisko komerciālas biogāzes stacijas darbības pusi, gadījumam, ja biogāzes ražošanai tiek izmantoti deviņu veidu organiskie atlikumi (kukurūzas skābbarība, kartupeļu mīkstums, izlietotie vīnogulāju atkritumi, augļu un dārzeņu izspaidas, graudaugi, platlapu augu atkritumi, sadzīves nosēdumi un sojas eļļa). Šie pētījumi radīja paraugu veiksmīgai biogāzes ražošanai no dažādiem organisko atlikumu veidiem. Arvien vairāk biogāzes staciju plāno izmantot vairākas izejvielas, lai uzlabotu to pārstrādes veiktspēju, un rodas pieprasījums pēc laboratorijas līmeņa testiem, lai noteiktu šādu darbību iespējamību, kā arī loģistikas un teritoriālos pētījumus, lai optimizētu dažādas izejvielu piegādes ķēdes (Muradin & Foltynowicz, 2014).

Bangladeša

Biogāzes stacijas digestātu var izmantot kā mēslojumu. To sauc par biomēslojumu. Biomēslojumam ir augsts uzturvielu saturs, un tas ir lieliski izmantojams lauksaimniecībā. Kontrolējot visus digestācijas procesa aspektus iespējams iegūt kvalitatīvu digestātu, kas izmantojams kā biodegvielas piemaisījums. Elektroenerģijas ražošana no biomasas ir pievilcīga tādās jaunattīstības valstīs kā Bangladeša, kur ir daudz bioloģiski noārdāmu atkritumu un citu bioenerģijas avotu. Biogāzes siltumspēja ir mainīga un atkarīga no metāna satura gāzē. Kopējais biomasas atlikumu daudzums 2017.gadā bija 42,86 miljonu tonnu. Biomasu izmanto apkurei, ēdiena gatavošanai un citām māsaimniecības darbībām. IDCOL (Bangladešas valdības izveidots uzņēmums) ir ieguldījis 238,65 miljonus Bangladešas Taka (BDT) biomasas tehnoloģijās, kas ietver uz biogāzi balstītas elektrostacijas, biomasas elektrostacijas un biomasas gazifikācijas iekārtas. Biomasas un biogāzes elektrostacijas ražo apmēram 2 MW elektroenerģijas (Hasan & Ammenberg, 2019).

Biodegvielas, bio-ogļu un gāzes produktu iegūšanai tiek izmantota biomasas pirolīze. Dažādu biomasas sastāvdaļu pirolīzē tiek iegūts atšķirīgs produkts. Piemēram, lignīna pirolīze rada augstāku ūdeņraža un metāna iznākumu, salīdzinot ar celulozi un hemicelulozi, savukārt augstāku CO un CO₂ iznākumu iegūst no celulozes un hemicelulozes.

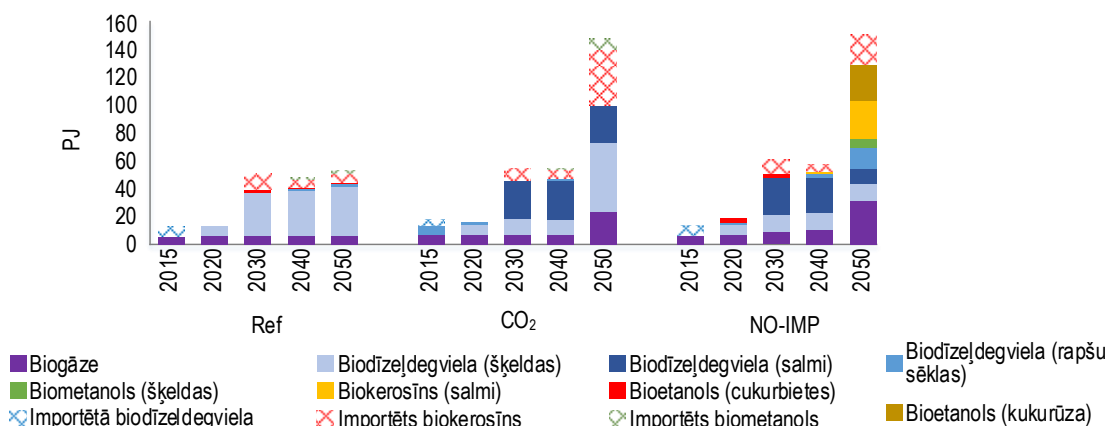
Pētījumā aplūkota arī metāna iegūšana, izmantojot divpakāpju pirolīzes-katalītiskās hidrogenēšanas reaktora sistēmu no celulozes, hemicelulozes un lignīna, kā arī no četriem dažādiem lauksaimniecības biomasas atkritumiem. Divpakāpju fiksētās gultnes reaktorā tika veikta celulozes, hemicelulozes (ksilāna) un lignīna pirolīzes katalītiskā hidrogenēšana 10 svara % Ni/Al₂O₃ katalizatora klātbūtnē. Rezultāti parādīja, ka vislielāko ogļu daudzumu ieguva no rīsu salmiem 28 svara % apmērā, savukārt viszemāko ogļu daudzumu ieguva izmantojot vītoli un cukurniedru atlikumus ar 23 masas procentiem. Vislielākais šķidrās komponentes daudzums tika iegūts ar cukurniedru cepumu 32 svara%, bet viszemākais - rīsu salmiem ar 18 svara procentiem. Atšķirības starp metāna gāzes tilpuma sastāvu dažādos biomasas paraugos bija līdzīgas ~70% CH₄ (Jaffar, Nahil, & Williams, 2020).

2.1.5.9. Lauksaimniecības atlikumu izmantošana biometāna ieguvei

Pateicoties augstajam biometāna potenciālam, kukurūzas atlikumi ir vispopulārākās izejvielas, ko izmanto anaerobajā digestācijā. Pētījumā mezofilos un termofilos apstākļos tika veikta mono-digestācija (kukurūzas skābbarība, ananāsu skābbarība) un ko-digestācija (kukurūzas skābbarība + inokulāts, ananāsu skābbarība + inokulāts), lai pētītu, kuras darbības būtiski ietekmē biometāna potenciālu un anaerobās baktērijas. Eksperimentu veica mono- un ko-digestācijas režīmos, lai izpētītu ananāsu un kukurūzas atlikumu biometāna procesu mezofilos (38 °C) un termofilos (50 °C) apstākļos. Temperatūras regulēšanai bija lielāka ietekme uz biometāna potenciālu un anaerobās digestācijas veiktspēju. Ko-digestācija ar temperatūras regulēšanu varētu būt vispiemērotākā ananāsu atlikumu izmantošanai lielā biometāna potenciāla un stabilā digestācijas procesa dēļ.

Dānijā veiktajā pētījumā ar mērķi optimizēt biomasas atlikumus, specifiski – salmu, izmantošanu tika secināts, ka biogāzes ražošana nav izmaksu efektīvs salmu izmantošanas veids. *Fischer-Tropsch* (FT) gāzu sintēzē no salmu gazifikācijas varētu iegūt dažādas sintētiskās degvielas, piemēram, metanolu vai DME (dimetilēteris), kas var aizstāt fosilā kurināmā sadedzināšanai transportlīdzekļos izmantotās, ar nelielām motora modifikācijām. Galvenās šī procesa priekšrocības ir degvielas galaproduktu elastība un iespēja uzkrāt lieko elektrību degvielās, kas iegūtas oglekļa dioksīda un ūdens elektrolīzē (izmantojot ūdeņradi), tādējādi veicinot šķidrā vai gāzveida kurināmā ražošanu.

Scenārijā, kas paredz, ka netiks veikts bioenerģijas imports (NO-IMP), prognozēts, ka gandrīz visa biogāze, ko saražos 2050.gadā (33 PJ) no kūstmēsli, zāles, organisko atkritumu un enerģijas kultūru ko-digestācijas, tiek uzlabota līdz dabasgāzes kvalitātei, izmantojot metanizāciju ar ūdeņradi, kas atļauj paaugstināt metāna ražošanu (Att. 2.8).



Att. 2.8. Biodegvielas un biogāzes attīstības scenāriji

Starp iespējamiem tehnoloģiskiem uzlabojumiem gāzes apjomu iespējams vēl vairāk optimizēt paaugstinot gazifikācijas temperatūru. Iespēja palielināt biodegvielas ražošanu termiskās gazifikācijas ceļā ar singāzes hidrogenēšanu ir izcelta arī citos pētījumos, pieņemot, kuros tiek pieņemts, ka biomasas pieejamība ir ierobežota. Salmu sadedzināšana siltuma un enerģijas koģenerācijai minēta kā vēlāmā alternatīva, jo tā izslēdz siltumenerģijas un enerģijas ražošanu no oglēm un dabasgāzes jau laikā līdz 2030.gadam; turpretī kūstmēsli un salmu koagulācijai biogāzes ražošanai ir dodama priekšroka salīdzinājumā ar otrās paaudzes bioetanolu (ražo no lauksaimniecības atlikumiem).

Biogāzes ražošana nav izmaksu ziņā optimāla alternatīva salmiem, jo to augstajam lignīna saturam būtu nepieciešams dārgs pirmapstrādes process. Visbeidzot, salmu izmantošana bioetanola ražošanā ilgtermiņā nav prioritizējama, jo bioetanolu lielākoties izmanto vieglajos transportlīdzekļos, kurus var elektrizēt (Venturini et al., 2019).

2.1.5.10. Biometāna izmantošana

Vadošās valstis biometāna ražošanā Eiropā ir Vācija, Lielbritānija, Zviedrija, Šveice, Francija, Nīderlande, Dānija, kā arī Īrija. Saskaņā ar FiT fiksētā maksājuma shēmu enerģijas ražotāji saņem fiksētu summu par saražotās elektroenerģijas vai iekļūtinātā biometāna vienību neatkarīgi no ražošanas izmaksām vai tirgus cenām. Zviedrijā biogāzes elektroenerģijas ražotāji saņem elektroenerģijas sertifikātus un pārdod tos saskaņā ar Norvēģijas un Zviedrijas zaļo sertifikātu shēmu atjaunojamai elektroenerģijai. Biodegvielas kvotu shēmas pastāv arī Vācijā, Lielbritānijā, Francijā, Nīderlandē un Dānijā. Saskaņā ar pašreizējo audzēšanas praksi enerģijas kultūras var sastādīt tikai 30% no izejvielām, bet pārējai daļa ir kūsmēsli. Arī Vācijā, Austrijā un Dānijā biogāzes ražošanai īpašu enerģijas kultūru izmantošana ir ierobežota.

Gāze ar metāna saturu virs 97% (biometāns) ir vienīgais biodegvielas veids, kura īpašības pārspēj fosilās degvielas. Līdz ar to biometāns ir daudzsolīga alternatīva fosilo enerģijas avotu aizvietošanai. Biogāzei, kas uzlabota, samazinot CO₂ un citu piemaisījumu sastāvu līdz biometāna līmenim, piemīt tās pašas ķīmiskās īpašības, kas fosilajiem kurināmajiem, līdz ar to var tieši ievadīt jau esošajā gāzes sadales tīklā vai pārdot mazumtirdzniecībā degvielas uzpildes stacijās, kā degvielu automašīnām (Qyyum et al., 2020).

Dānija

Zaļās izaugsmes nolīgums, kas uzsākts 2009.gadā, Dānijā nosaka mērķi – izmantot 50% no lopkopības kūsmēsliem zaļās enerģijas jau 2020.gadā. Lai to sasniegtu, īstenots īpašs politikas atbalsts. Mērķa sasniegšanu veicina arī centralizētās siltumapgādes sistēmu esamība un zemnieku sadarbība mazās kopienās. Lielākā daļa centralizēto biogāzes staciju, kas atrodas lauku apvidos, kūsmēsļus pārstrādā kopā ar pārtikas atkritumiem un citām izejvielām (Zhu et al., 2019).

Zviedrija

Noteikts transporta sektora mērķis – 3,5% no modernajām biodegvielām jābūt ražotām no konkrētiem izejmateriāliem, kas uzskaitīti regulējošajos normatīvajos aktos, - kūsmēsli un notekūdeņu dūņas, māsasaimniecību un rūpniecības bioatkritumi, lauksaimniecības un mezsaimniecības atlikumi, aļģes un enerģijas kultūras. Biometāna ražošanu ietekmē biogāzes sastāvs, kas ir atkarīgs no izejvielām un tās iegūšanai izmantotā procesa; metāna saturs svārstās no 45 līdz 60%.

Atsaucoties uz EBA (EBA,2017) datiem 2016.gadā Eiropā bija 513 biometāna ražotnes ar 17 264 GWh lēsto produkcijas apjomu. Uzskatīts, ka patreizējā biogāzes ražošana ir vien 3,3% no visa ES pieejamā potenciāla (Bentsen et al., 2018).

2.1.5.11. Biometāna ieguves iespējas ar augstu metāna saturu

Literatūrā aplūkotas dažādas stratēģijas kā paaugstināt galaprodukta metāna saturu. Viena no iespējām ir *oleaginous* mikroaļģu izmantošana. Šīm mikroaļģēm piemīt spēja samazināt CO₂ daudzumu pārveidojot to lipīdos. Šis process ļauj ne tikai attīrīt biogāzi no CO₂, bet arī ražot biodegvielu no mikroaļģēm. Pētījumā apzināts, ka izmantojot šo paņēmieni metāna sastāvs biogāzē tika palielināts no 60% līdz >90% un lipīdu produktivitāte sasniedza 88,57 mg L⁻¹ day⁻¹. Maksimālā CO₂ noņemšana notika pie gāzes plūsmas ātruma 0,15 L/h uz 1 l mikroaļģu kultūras, ar sākotnējo šūnu koncentrāciju – 107 šūnas/mL, 0,65 g/L KNO₃ un gaismas intensitātes 5,28 klux. Pie šiem apstākļiem tika noņemts 99,33% no gāzē esošā CO₂.

2.1.5.12. Lauksaimniecības atlikumu pārstrāde Latvijā

Lauksaimniecības atlikumu pārstrāde Latvijā politikas plānošanas dokumentu ietvarā

Latvijas politikas plānošanas dokumenti un noteikumi par atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanu un ražošanu ir integrēti no Eiropas Savienības tiesiskā regulējuma. Galvenie politikas

dokumenti, kas saistoši AER izmantošanai un ražošanai lauksaimniecības nozarē ES un Latvijā, parādīti Att. 2.9.



Att. 2.9. Lauksaimniecības politika un plānošanas dokumenti

Latvijas Ilgtspējīgas attīstības stratēģijā 2030. gadam (Latvija 2030) noteikts, ka inovācijas un AER izmantošana ir viens no prioritāriem ilgtermiņa rīcības virzieniem drošas un atjaunojamas enerģijas jomā. Dokumentā norādīts, ka pamestās lauksaimniecības zemes var izmantot biodegvielas ražošanai piemērotu enerģijas kultūru audzēšanai. Tajā pašā laikā tiek uzsvērts, ka biodegvielu izstrādei jābūt saistītai ar inovāciju un labākās prakses nodošanu. Turklāt biomasas kā AER ražošana būtu jāplāno apgabalos, kas ir mazāk labvēlīgi pārtikas ražošanai.

Latvija2030 biodegvielu veicināšanu sabiedriskajā transportā un lauksaimniecībā identificē kā vienu no iespējamajiem risinājumiem atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanas veicināšanai un inovāciju attīstībai, tomēr šajā ziņā tā konkrētus mērķus nenosaka. Viens no mērķiem, kas noteikts LIAS 2030, ir AER izmantošana un inovācija (rādītājs: AER īpatsvars iekšzemes enerģijas patēriņā 2030.gadā > 50%), tomēr AER ražošanai nav izvirzīti konkrētāki mērķi.

Enerģētikas stratēģija 2030 nosaka vairākus virzienus lauksaimniecības atlikumu izmantošanai mērķu sasniegšanai labvēlīgā veidā:

- Atbalsts otrās paaudzes biodegvielas ražošanas attīstībai, sagatavojot konkursa nosacījumus BTL (biomass-to-liquid) sintētiskās biodegvielas ražotnes izveidei ar jaudu vismaz 100 miljoni litru gadā, kas ievērojami veicinātu vietējās biomasas izmantošanu transporta nozarē, nodrošinot koksnes, kūdras un lauksaimniecības atkritumu pieprasījumu - 1,5 miljonu m³ gadā;
- Enerģija jāražo no dzīvnieku izcelsmes blakusproduktiem un atvasinātiem produktiem, kā arī no gāzēm no atkritumu apglabāšanas iekārtām un notekūdeņu attīrīšanas;
- Uzstādītājai jaudai un saražotajam elektroenerģijas apjomam biomasas elektrostacijās vajadzētu palielināties vairākas reizes no 2010. līdz 2020. gadam, un tai vajadzētu turpināt ievērojami palielināties arī laika posmā līdz 2030. gadam (Latvijas Republikas Saeima, 2010).

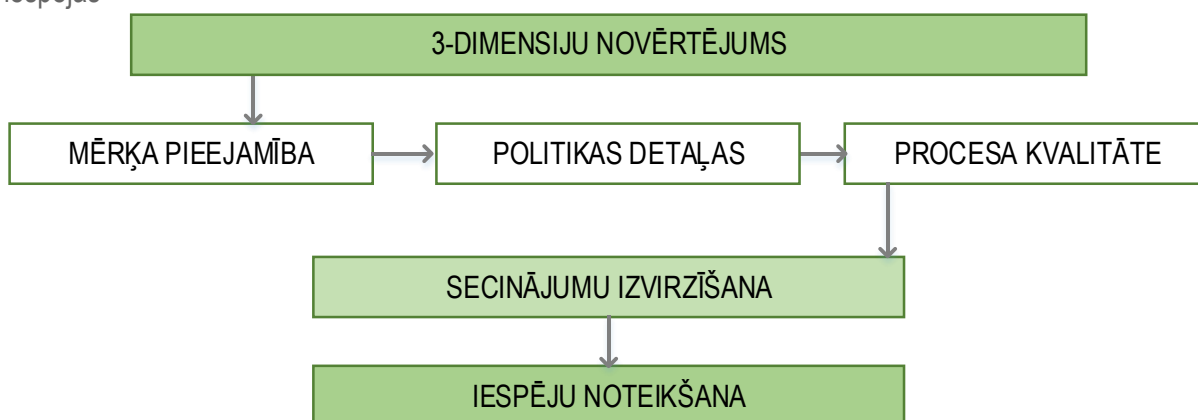
Latvijas Nacionālajā attīstības plānā 2014.-2020. gadam (NAP 2014-2020) teikts, ka ir nepieciešams atbalstīt jauno tehnoloģiju ieviešanu un racionālu resursu izmantošanu, tādējādi samazinot emisijas enerģijas, rūpniecības, transporta, lauksaimniecības un mājsaimniecības nozarēs. Mērķis ir novērst piesārņojuma un siltumnīcefekta gāzu emisiju robežlīmeņa pārsniegšanu, lai nodrošinātu ilgtspējīgu attīstību (samazinot enerģijas, rūpniecības, transporta, lauksaimniecības, zivsaimniecības un mājsaimniecību radītās emisijas un atkritumus).

Saistībā ar lauksaimniecības zemi NAP 2014.–2020. ir noteikta nepieciešamība stimulēt lauksaimniecības zemes izmantošanu, atbalstot ražošanu un pakalpojumu sniegšanu. Tajā pašā laikā tiek uzsvērts, ka zemes izmantošanai jābūt gan intensīvai, gan ilgtspējīgai.

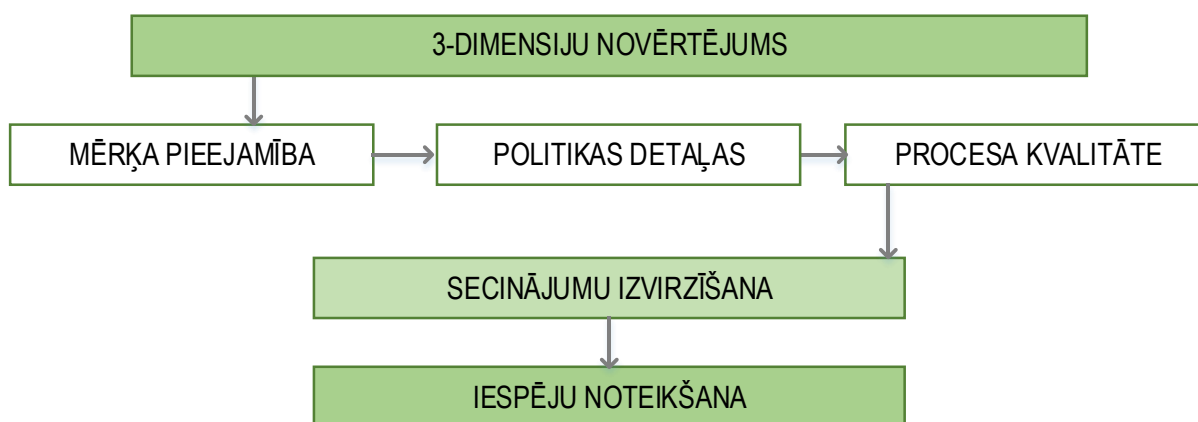
Saskaņā ar NAP 2014.–2020. ir paredzēts atbalstīt enerģijas ražošanu no AER, tomēr šajā sakarā nav noteikta īpaša saistība ar lauksaimniecības nozari (Pārresoru koordinācijas centrs, 2012).

2.1.6. AER mērķu novērtēšana Latvijas lauksaimniecības nozares politikas plānošanā

Lauksaimniecības nozares politikas dokumentu novērtēšana attiecībā uz AER tika veikta piecos posmos - trīs dimensiju novērtēšanas trīs posmiem, kas pieņemti no Eiropas Klimata fonda (Eiropas Klimata fonds, 2019), un diviem papildus posmiem, lai izdarītu secinājumus un noteiktu AER attīstības iespējas

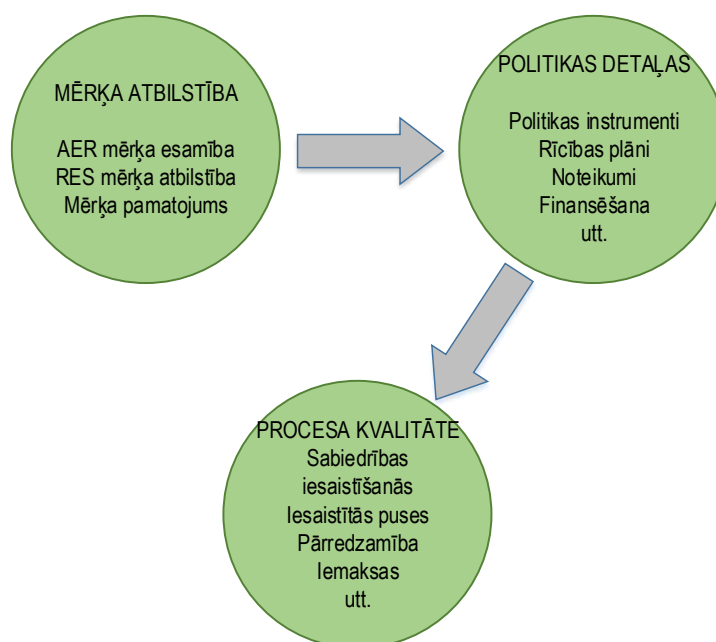


Att. 2.3.



Att. 2.3. Lauksaimniecības politikas plānošanas dokumentu novērtēšana

Eiropas Klimata fonds izmantoja trīsdimensiju novērtēšanas metodi, lai novērtētu nacionālo enerģijas un klimata plānu veiksmīgumu. Viņi definēja vairākus kvalitatīvos rādītājus katrai dimensijai un skaitliski izteica katru punktu skaitu. Šajā pētījumā tika izmantotas tās pašas dimensijas, tomēr dimensijas nav sadalītas indikatoros, ņemot vērā atšķirības dokumentu mērķos un mērķa zonās. Tāpēc novērtējums nav izteikts skaitliski un aprobežojas ar kvalitatīvu novērtējumu. Trīs dimensijas tika novērtētas, izmantojot kritērijus, kas parādīti Att. 2.10.



Att. 2.10. Plānošanas dokumentu novērtējuma shēma

Plānošanas dokumentu novērtējums apkopots Tabulā 2.2.

Tabula 1.2

Lauksaimniecības nozares politikas plānošanas dokumentu novērtēšana attiecībā uz AER

3-dimensiju novērtējums		Latvijas bioekonomikas stratēģija 2030
3-dimensiju novērtējums	Mērķa atbilstība	AER ražošanai vai izmantošanai lauksaimniecības nozarē nav izvirzīti mērķi.
	Politikas pasākumi	Stratēģija neparedz īpašu pasākumu, atbildīgo dalībnieku vai finansējuma avotu identificēšanu.
	Procesa kvalitāte	Stratēģiju sagatavoja Zemkopības ministrija sadarbībā ar Latvijas Lauksaimniecības universitāti. Tika iesaistītas arī saistīto nozaru asociācijas, zinātniskās institūcijas, kā arī pārstāvji no Ekonomikas ministrijas, Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrijas, Labklājības ministrijas un Starpnozaru koordinācijas centra. Sagatavošanas procesa laikā tika organizēti semināri un starptautiskas konferences, lai veicinātu labākās prakses pārņemšanu uz bioekonomiku no ziemeļiem. Notika sabiedriskā apspriešana.
Secinājumi	Kaut arī stratēģijā noteiktie mērķi varētu veicināt AER ražošanu un izmantošanu lauksaimniecības nozarē, no politiskā viedokļa dokuments to neveicina, jo attiecīgie mērķi un pasākumi nav noteikti.	
Iespējas	AER izmantošana tādu produktu ražošanai, kuriem ir augsta pievienotā vērtība. AER ražošana no lauksaimniecības atlikumiem un ražošanas blakusprodukti	
3-dimensiju novērtējums		Lauku attīstības programma 2014. – 2020.gadam (LAP 2014–2020)
3-dimensiju novērtējums	Mērķa atbilstība	Lai arī AER izmantošanas veicināšana līdz ar SEG emisiju samazināšanu ir noteikta kā viena no trim galvenajām nepieciešamībām lauksaimniecības nozares attīstībā, nav noteikti konkrēti mērķi attiecībā uz AER.

		Plānotais AER attīstības virziens atbilst ES līmenī noteiktajam, tomēr nacionālā līmenī prioritātes ir pārāk neviennozīmīgas un nav identificēti sasniedzami mērķi vai izpildāmas darbības.
	Politikas pasākumi	Kā nacionālā līmenī piemērojams nosacījums ir teikts, ka "ir veikti pasākumi atjaunojamo enerģijas avotu ražošanas un izplatīšanas veicināšanai" kā kritēriju "caurspīdīgas atbalsta shēmas, prioritāra pieeja tīklam vai tiek nodrošināta garantēta pieeja un prioritāte sadalē, kā arī publiski paziņoti standarta noteikumi par tehniskās pielāgošanas izmaksu uzņemšanu un sadali ". Veiktspējas novērtējumā teikts, ka "katru gadu jāpalielina to jauno projektu skaits, kuri sāk enerģijas ražošanu no atjaunojamiem enerģijas avotiem un saņemt atbalstu sākotnējo tarifu veidā". Paredzams, ka saskaņā ar NAP 2014. – 2020.gadam šādu projektu skaitam vajadzētu pieaugt arī nākamajā periodā. Tajā pašā laikā obligātais elektroenerģijas iepirkuma komponents, kas šobrīd tiek pārskatīts, lai padarītu to elastīgāku un ekonomiski pamatotu, ņemot vērā riskus, ko tas rada tiešajiem lietotājiem, nav vienīgais atbalsta mehānisms, kas Latvijā ieviests enerģijas ražošanai no AER. Paredzēts atbalstīt lauksaimniekus, kuri savas saimniecības atliekas enerģijas ražošanai izmanto savas saimniecības vajadzībām. Kopējais ieguldījumu mērķis atjaunojamās enerģijas ražošanā 2023.gadā ir EUR 40 000 000. Ieguldījums paredzēts 25 darbību atbalstam.
	Procesa kvalitāte	LAP 2014-2020 sagatavoja Zemkopības ministrija. Ir veikts <i>ex-ante</i> novērtējums, ieskaitot stratēģisko vides novērtējumu. Notikusi sabiedriskā apspriešana.
	Secinājumi	Kopumā LAP 2014-2020 atbalsta AER izmantošanu. Neskatoties uz to, ka AER izmantošanas veicināšana ir noteikta par vienu no galvenajām prioritātēm, politikas plānošanu šajā ziņā nevar uzskatīt par veiksmīgu mērķu un skaidra rīcības plāna trūkuma dēļ, kā arī tāpēc, ka tikai viens politiskais instruments - finansiālais atbalsts investīciju veidā - tiek izvēlēts. Jāatzīmē, ka LAP 2014-2020 dokuments ir apjomīgs, tomēr tajā pašā laikā informācija bieži atkārtojas. Dokumenta struktūra (integrētie komentāri) padara to haotisku un necaurspīdīgu.
	Iespējas	AER izmantošana un ražošana
3-dimensiju novērtējums	Vispārējā lauksaimniecības politika līdz 2020. gadam	
	Mērķa atbilstība	AER ražošanai un izmantošanai lauksaimniecības nozarē nav izvirzīti mērķi.
	Politikas pasākumi	Īpašas darbības AER ražošanas un izmantošanas veicināšanai lauksaimniecības nozarē nav plānotas.
	Procesa kvalitāte	Dokumentu sagatavoja Zemkopības ministrija.
	Secinājumi	Dokumentā AER ir tikai pieminēti, tieši neattiecas uz AER.
	Iespējas	AER izmantošana tādu produktu ražošanai, kuriem ir augsta pievienotā vērtība. AER ražošana no lauksaimniecības atlikumiem un ražošanas blakusprodukti.

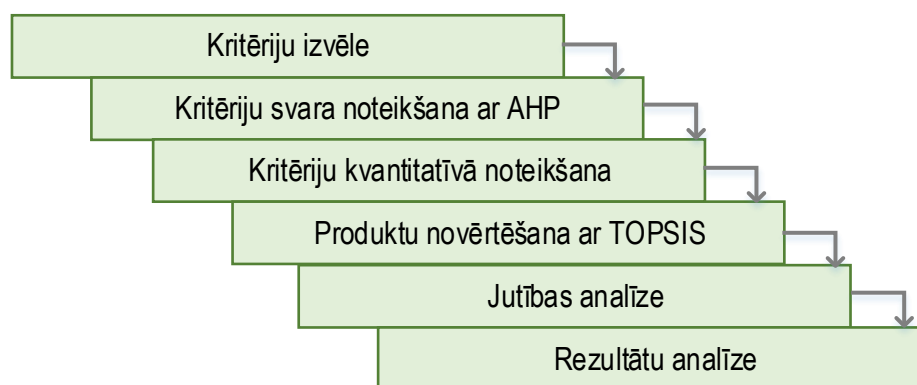
No lauksaimniecības nozares politikas plānošanas dokumentu izvērtēšanas var redzēt, ka AER izmantošanas veicināšana tiek uzskatīta par vienu no prioritātēm saistībā ar lauksaimniecības attīstību.

Tomēr šo dokumentu politiskā kvalitāte liecina, ka AER attīstība lauksaimniecības nozarē virzīs pati savu ceļu, jo trūkst mērķu un skaidru rīcības plānu.

Tomēr lauksaimniecības nozarei ir liels potenciāls attīstīt AER izmantošanu ne tikai nozares, bet arī valsts līmenī. Nākamajā sadaļā tiek aplūkotas vislabvēlīgākās AER izmantošanas iespējas saskaņā ar veikto daudzkritēriju analīzi.

2.1.7. Lauksaimniecības atlikumu izmantošanas iespēju analīze

AER izmantošanas veidu analīzes algoritms parādīts Att. 2.11.



Att. 4. Vērtēšanas procesa algoritms

2.1.7.1. Lauksaimniecības atlikumu utilizācijas iespēju izvēle

Tika izvēlēti pieci lauksaimniecības atlieku izmantošanas variantu veidi. Biogāze un mūsdienīga biodegviela tika izvēlēti par visvēlamākajiem produktiem, ņemot vērā klimata neitralitāti. Lauksaimniecības atlieku būvmateriālu (kā piedevu) ražošanai tika izvēlēti par vienu no konkurējošajiem produktiem biodegvielas/biogāzes ražošanā. Materiāls sadedzināšanai tika izvēlēts kā mazāk efektīvs resursa izmantošanas veids. Tikmēr atkārtota izmantošana lauksaimniecībā (resursu izmantošana turpmākā lauksaimnieciskajā darbībā, piemēram, atkritumu kompostēšana augsnes mēslošanai, kultūraugu atliekas lopbarībai utt.) tika izvēlēta kā salīdzinoši viegls risinājums no tehnoloģiskā viedokļa un vairāk atkarīga no lauksaimnieku individuālās darbības.

Kritēriju izvēle

(Xu, Wei, Ji, Wang, & Gao, 2019) ir izstrādājuši pārskatu par atjaunojamās enerģijas attīstības pētījumiem un izdalījuši tādus atjaunojamās enerģijas novērtēšanas rādītājus kā- ekonomisko, tehnisko, politisko un sociālo. Šajā pētījumā izmantoti līdzīgi kritēriji. Tomēr, ņemot vērā šī pētījuma mērķi, pievienoti arī vides un klimata faktori. Katra kritērija apraksts ir sniegts zemāk.

Tehnoloģiskais faktors nosaka tehnoloģijas attīstības līmeni, kas piemērots noteikta produkta ražošanai, kā arī ražošanas procesa efektivitāti.

Ekonomiskais faktors nosaka noteikta produkta ražošanas ekonomisko dzīvotspēju. Novērtējumā iekļautas kārtējās izmaksas, kas saistītas ar ražošanas procesu, aprīkojuma uzstādīšanu un uzturēšanu, resursu ieguvu un pirmapstrādi utt., kā arī nodokļu maksājumi, iespējas saņemt finansiālu atbalstu, iespējas piesaistīt investorus utt.

Vides faktors nosaka ražošanas procesa ietekmi uz vidi. Novērtēšana ietver piesārņojuma veidus un intensitāti, kas rodas ražošanas procesā (piemēram, notekūdeņi, gaisa piesārņojums ar cietām izkļiedētām daļiņām utt.).

Klimata faktors nosaka, kā konkrētā produkta ražošana ietekmēs klimatu no SEG perspektīvas. Novērtēšana ietver SEG emisiju daudzumu, kas rodas ražošanas procesā, kā arī produkta izmantošanas nozīmi klimata mērķu sasniegšanā.

Sociālais faktors nosaka sabiedrības gatavību ražot un/vai izmantot noteiktu produktu, ņemot vērā riskus un trūkumus, kas saistīti ar šī produkta ražošanu un izmantošanu. Novērtēšana ietver ražotāju labvēlību un patērētāju attieksmi pret dotā produkta ražošanu un izmantošanu.

Politiskais faktors nosaka politiskās vides labvēlību attiecīgā produkta ražošanai un izmantošanai. Novērtēšana ietver esošos politikas plānošanas mērķus un prioritātes, politikas instrumentus (finansialais atbalsts, pētījumu projektu konkursi, priekšrocības utt.), kā arī normatīvo vidi.

Visi kritēriji tika vērtēti lauksaimniecības atlieku kontekstā.

Kritēriju svara noteikšana ar AHP

Lai iegūtu reālu pieņēmumu par katra izvēlēta kritērija nozīmīgumu, to svars tika noteikts ar pāru salīdzināšanas (PC) metodi. PC metodi izmanto, lai noteiktu alternatīvu un kritēriju svara relatīvo nozīmīgumu attiecībā uz katru kritēriju lēmumu pieņemšanas procesā. Process ietver divu kritēriju novērtēšanu vienlaikus, izvēloties, kurš no tiem ir svarīgāks par otru, un norādot šī svarīguma intensitāti ar skalu no 1 līdz 9 (1 nozīmē, ka abiem kritērijiem ir vienāda nozīme, 9 nozīmē, ka viens kritērijs ir ārkārtīgi svarīgāks nekā citi) (Bertuzzi Leonelli, 2012).

Kritēriju svāri, kā arī atribūtu vērtības tika noteiktas ar ekspertu slēdziena metodi.. Iegūtie kritēriju svāri ir vidējās vērtības, kas aprēķinātas pēc ekspertu spriedumiem. Noteiktie kritēriju svāri ir doti Tabulā 2.4.

Pēc kritēriju svarīguma salīdzināšanas tika izveidota AHP pāru salīdzināšanas matrica (Tabula 2.3). Normalizētā pāru salīdzināšanas matrica tika izveidota pēc formulas:

$$X_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sum_{i=1}^n c_{ij}}, \quad (2.1)$$

kur

X_{ij} – normalizētā pāru salīdzinājuma vērtība;

c_{ij} – pāru salīdzinājuma vērtība katram elementam;

$\sum c_{ij}$ – pāru salīdzinājumu kolonnas summa.

Tabula 2.3

AHP salīdzināšanas matricas izveidošana

		i ₁	i ₂	i ₃	i ₄	i ₅	i ₆
		Tehnoloģiskie	Ekonomiskie	Vides	Klimata	Sociālie	Politiskie
i ₁	Tehnoloģiskie	1	0,5	4	3	1	0,33
i ₂	Ekonomiskie	2	1	7	6	2	1
i ₃	Vides	0,25	0,14	1	0,2	0,34	0,25
i ₄	Klimata	0,34	0,17	5	1	0,5	0,34
i ₅	Sociālie	1	0,5	3	2	1	0,33
i ₆	Politiskie	3	0,25	4	3	3	1

Katra kritērija prioritātes vektors tika aprēķināts pēc šādas formulas:

$$W_{ij} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{n}, \quad (2.2)$$

kur

$\sum_{j=1}^n X_{ij}$ – normalizētās pāru salīdzinājumu kolonnas summa;

n – kritēriju skaits.

Aprēķinātie kritēriju svāri ir parādīti Tabulā 2.4.

Tabula 2.4

Kritēriju svāri, kas aprēķināti balstoties uz ekspertu viedokli

Kritēriji	Kritēriju svārs	Kritēriju svārs izteikts procentos
Tehnoloģiskie i_1	0,15	15 %
Ekonomiskie i_2	0,32	32 %
Vides i_3	0,04	4 %
Klimata i_4	0,09	9 %
Sociālie i_5	0,14	14 %
Politiskie i_6	0,26	26 %

Produktu novērtējums izmantojot TOPSIS daudzkritēriju analīzi

Izmantojot TOPSIS (pasūtījuma izvēles līdzības ar ideālu risinājumu paņēmieni), katram iespējamajam risinājumam tiek aprēķināts attālums līdz ideālam un anti-ideālam risinājumam. Labākais iespējamais risinājums ir tāds, kurš atrodas vismazākajā attālumā no ideālā risinājuma un vistālākajā attālumā no anti-ideālā (pretējs ideālajam) risinājuma. Galvenās TOPSIS priekšrocības ir šādas: (1) var izvēlēties neierobežotu skaitu kritēriju un veiktspējas atribūtu; (2) iespēja salīdzināt alternatīvas, lai saprastu to līdzības un atšķirības; (3) salīdzinoši vienkāršs aprēķināšanas process un nav nepieciešama īpaša programmatūra. Galvenais TOPSIS trūkums ir tas, ka tas nenodrošina korelāciju starp atribūtiem. TOPSIS šim pētījumam tika izvēlēts galvenokārt tāpēc, ka bija iespēja salīdzināt dažādas alternatīvas (Ishizaka & Nemery, 2013).

Pirmais solis TOPSIS novērtēšanas procesā ir lēmuma matricas izveidošana, katram atribūtam piešķirot vērtību (Tabula 2.5). Visas vērtības ir vidējie rādītāji, kas aprēķināti pēc ekspertu atzinumiem. Novērtēšanas procesā tika vērtēta katra faktora (kritērija) labvēlība izvēlēto produktu ražošanai atbilstoši pašreizējai situācijai. Kvalitatīvā novērtējuma skaitliskā izteiksme ir parādīta Tabulā 2.6. Piemēram, tehnoloģijas attīstību var uzskatīt par labvēlīgu biogāzes, celtniecības materiālu, sadedzināšanas materiālu, kā arī atkārtotas lauksaimniecības izmantošanai (5.vērtība), kamēr tehnoloģijas ir labi attīstītas tikai dažiem mūsdienu biodeģvielas ražošanas veidiem, un tāpēc tehnoloģijas labvēlība šajā gadījumā tiek uzskatīta par neitrālu (3.vērtība).

Tabula 2.5

Lēmumu pieņemšanas matricas izveide

	Produkts	Biogāze	Modernā biodeģviela	Celtniecības materiāls	Materiāls sadedzināšanai	Atkārtota izmantošana lauksaimniecībā
	Kritēriji	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
i_1	Tehnoloģiskie	5	3	5	5	5
i_2	Ekonomiskie	5	3	3	1	3
i_3	Vides	3	4	5	1	4
i_4	Klimata	4	4	5	4	2
i_5	Sociālie	4	5	5	4	5
i_6	Politiskie	2	2	3	3	2

Kvantitatīvās vērtības piešķiršana kvalitatīvajam novērtējumam

Vērtība	Faktora vērtējums
1	faktors ir nevēlams
2	faktors ir samērā nevēlams
3	faktors ir neitrāls
4	faktors ir samērā vēlams/labvēlīgs
5	faktors ir vēlams

Pēc tam, kad katram atribūtam ir piešķirta vērtība, tos normalizē ar izplatīšanas normalizācijas metodi pēc formulas:

$$r_{ai} = \frac{x_{ai}}{\sqrt{\sum_{a=1}^n x_{ai}^2}}, \quad (2.3)$$

kur

r_{ai} – normalizētā vērtība;

a – alternatīva;

i – kritērijs.

Pēc normalizētas lēmuma matricas vērtības tiek pārrēķinātas ar noteiktajiem svaram pēc formulas:

$$v_{ai} = w_i * r_{ia}, \quad (2.4)$$

kur

v_{ai} – svērtā vērtība;

w_i – svars.

Nākamajā posmā tiek aprēķināts ideāls un anti-ideāls risinājums. Katra svērtā vērtība tiek salīdzināta ar attiecīgā kritērija maksimālo un minimālo vērtību. Katras alternatīvas atšķirības no maksimālās vērtības kvadrātu summa tiek izmantota, lai noteiktu kopējo alternatīvas attālumu līdz ideālajam risinājumam. Attālumu līdz ideālajam risinājumam aprēķina pēc šādas formulas:

$$d_a^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_i^+ - v_{ai})^2}, \quad (2.5)$$

kur

d_a^+ – attālums no ideālā risinājuma.

Attālumu līdz ideālam risinājumam aprēķina pēc šādas formulas:

$$d_a^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_i^- - v_{ai})^2}, \quad (2.6)$$

kur

d_a^- – attālums no anti-ideālā risinājuma.

Pēdējais solis ir aprēķināt katras alternatīvas relatīvo tuvumu ideālajam risinājumam. To veic ar šādu formulu:

$$C_a = \frac{d_a^-}{d_a^+ + d_a^-}, \quad (2.7)$$

kur

C_a – relatīvais tuvums ideālajam risinājumam.

Katra alternatīva dod vērtību no 0 līdz 1. Labākā alternatīva ir vistuvākā 1.

Juētības analīze

Juētīguma analīzē ievades dati tiek modificēti, lai novērotu ietekmi uz rezultātiem. Juētīguma analīzē tiek ģenerēti dažādi scenāriji, mainot kritēriju svaru un novērojot ietekmi uz globālo alternatīvo prioritāti. Tas ļauj noteikt, vai rezultāti ir jutīgi vai robusti (Ishizaka & Nemery, 2013). Ja vērtējums nemainās, rezultāti tiek uzskatīti par stabiliem.

Juētības analīzes soļi ir:

(1) Visiem kritērijiem tiek piešķirts vienāds sākotnējais svars atbilstoši formulai:

$$w' = \frac{1}{n}, \quad (2.8)$$

kur

w' – kritērija sākotnējais svars;

n – kritēriju skaits.

(2) Katru kritēriju pakļauj atšķirīgām vienotās variācijas attiecībām – 0,1, 0,5, 1, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0 un 4,5. Tika izvēlēti līdzīgi vienotās variācijas koeficienti kā Li et al. analīzē par parametru jutības novērtēšanu ūdens kvalitātes vērtējumā (Li, Qian, Wu, & Chen, 2013). Tomēr koeficienti 0,01, 0,02, 0,05 un 0,2 netika iekļauti, jo maz ticams, ka jutība būs tik maza.

(3) Pēc vienoto variācijas koeficientu aprēķināšanas tiek pārrēķināti kritēriju svāri un matricas atribūti tiek aprēķināti zem jaunajiem svāriem.

Kritēriju svēršanas piemērs ar dažādiem tehnoloģisko kritēriju vienotās variācijas koeficientiem ir sniegts Tabula .

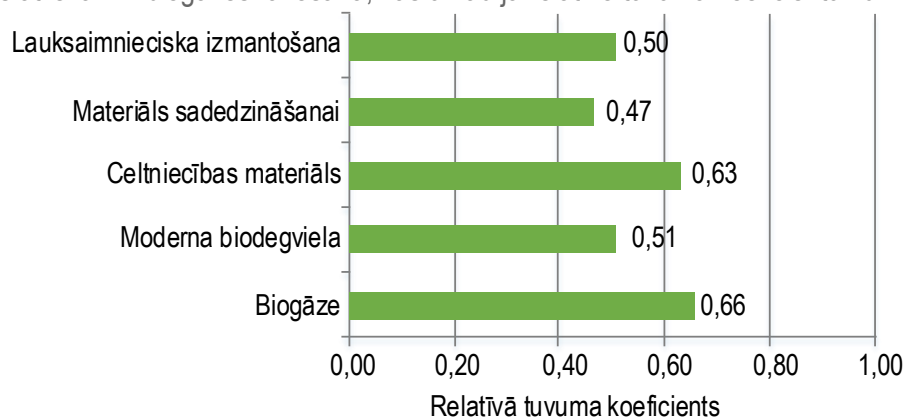
Tabula 2.7

Svāri ar dažādām tehnoloģisko kritēriju vienotajām variācijas attiecībām

Vienotās variācijas attiecība (β_k)	Svāri					
	0,01	0,5	1	1,5	2	3
Tehnoloģiskie	0,002	0,083	0,167	0,250	0,333	0,500
Ekonomiskie	0,200	0,183	0,167	0,150	0,133	0,100
Vides	0,200	0,183	0,167	0,150	0,133	0,100
Klimata	0,200	0,183	0,167	0,150	0,133	0,100
Sociālie	0,200	0,183	0,167	0,150	0,133	0,100
Politiskie	0,200	0,183	0,167	0,150	0,133	0,100

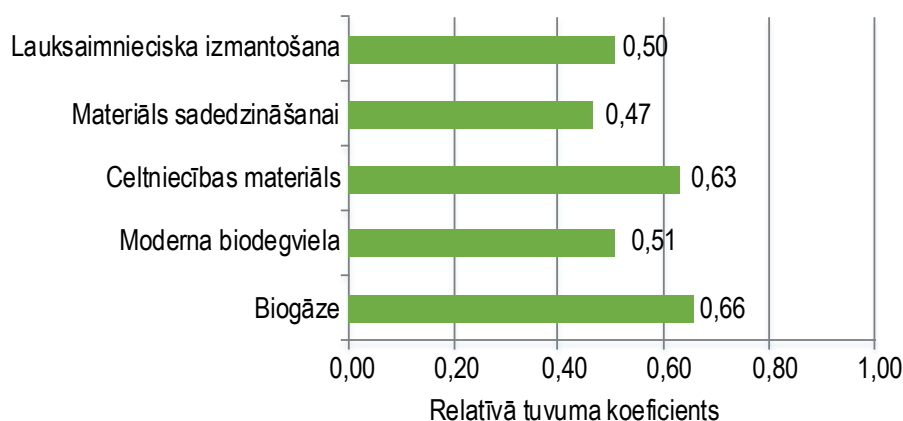
AER izmantošanas iespēju analīzes rezultāti

Daudzkritēriju analīzes rezultāti rāda, ka vislabākā iespējamā izmantošanas iespēja attiecībā uz lauksaimniecības atliekām ir biogāzes ražošana, kas uzrādīja relatīvo tuvuma koeficientu līdz ideālam



0,66 (

Att.). Otrais labākais variants no izvēlētajām alternatīvām bija celtniecības materiāls, kura relatīvais tuvums ideālajam rezultātam ir 0,63. Modernas biodegvielas ražošana un lauksaimnieciska izmantošana uzrādīja līdzīgu rezultātu – attiecīgi 0,51 un 0,50. Rezultāti liecina, ka degšanas materiāls ir vismazāk labvēlīga izmantošanas iespēja lauksaimniecības atliekas.



Att. 2.12. Analīzes rezultāti ar reālistiskiem kritēriju svāriem

Lai pārbaudītu kā mainītos rezultāts, ja noteikti politikas mērķi un notiktu tiem sekojoša iejaukšanās AER attīstībā, tika analizēti vairāki iespējamie scenāriji balstoties uz izmainītiem kritēriju svāriem. Tika analizēti četri scenāriji - kritēriju svāris ir vienāds, prioritāte ir ekonomikas kritērijam, prioritāte ir klimata kritērijam un kur prioritāte ir politikas kritērijam.

(1) Vienlīdzīgo svāru scenārijs

Vienlīdzīgu svāru (pamata) scenārijs tika izvēlēts, lai pārbaudītu kā sarindotos lauksaimniecības atlikumu izmantošanas iespēju reitings situācijā, kad visi faktori ir vienlīdz svarīgi. Būtībā šis tests vērtē atribūtu vērtību.

Kritēriju svāri tika aprēķināti pēc formulas:

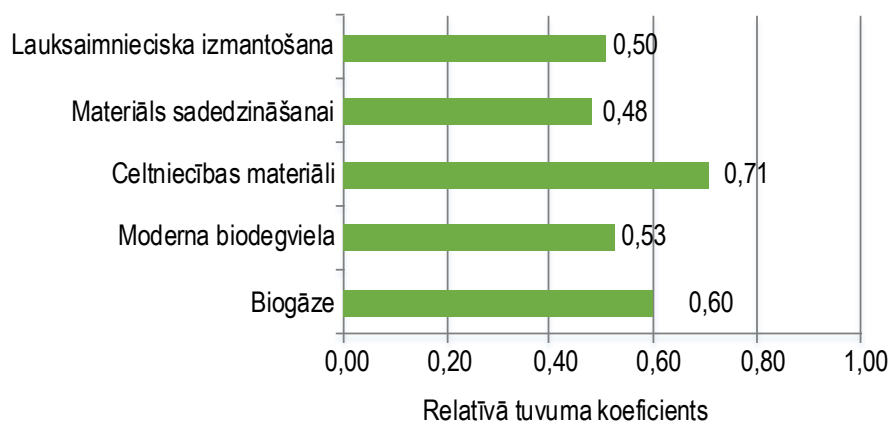
$$w_i = \frac{1}{n}, \quad (2.9)$$

kur

w_i – jaunais kritēriju svāris;

n – kritēriju skaits.

Pamata scenārijā izmantošanas iespēju sadalījums pēc to tuvuma ideālajam risinājumam ir nedaudz līdzīgs sadalījumam, kas tika iegūts izmantojot reālos svarus, tomēr pamata scenārijā biogāzes ražošanu apstiež celtniecības materiālu ražošana. Celtniecības materiāls kļūst par galveno prioritāti ar augstāko relatīvo tuvības rādītāju - 0,71, biogāze ir otrais labākais rādītājs. Visu citu variantu klasifikācija atbilst scenārijam ar reālistiskajiem svāriem.



Att. 2.13. Vienlīdzīgo svaru scenārija rezultāti

(2) Scenārijs ar priekšroku ekonomiskajam kritērijam

Šis scenārijs tika izvēlēts, lai pārbaudītu, kā mainīsies alternatīvu reitings, ja ekonomiskā faktora nozīmīgums būtu vēl izteiktāks. Ekonomiskā faktora svārs tika palielināts līdz 50%, un visu pārējo faktoru svārs tika aprēķināts proporcionāli reālajam svāram saskaņā ar šādu formulu:

$$w_i = \frac{1 - W_k}{(\sum W'_k) \cdot w'_i} \quad (2.10)$$

kur

w_i – jaunā kritērija svārs;

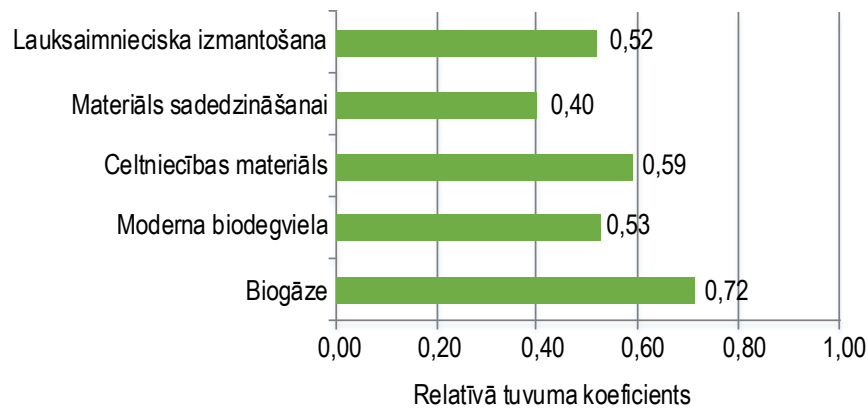
w_k – jaunais ekonomiskā kritērija svārs, 0,5;

$\sum w_i$ – sākotnējā kritēriju svāru summa, 1;

W'_k – sākotnējais ekonomiskā kritērija svārs, 0,32;

w'_i – sākotnējais kritērija svārs.

Rezultāti, kas iegūti vērtējot scenāriju, kurā izteikta priekšroka tiek dota ekonomiskajam kritērijam arī parādā, ka biomasas sadedzināšana šajā gadījumā ir nepārprotami mazāk labvēlīgā alternatīva ar relatīvo tuvības rādītāju 0,40, un galvenā prioritāte (biogāze) ir nepārprotami labvēlīgāka par citām alternatīvām, ar rezultātu 0,72. Tas atspoguļo dažādību vērtības, kas piešķirtas biomasas izmantošanas alternatīvām novērtējot tās pēc ekonomiskajiem kritērijiem.

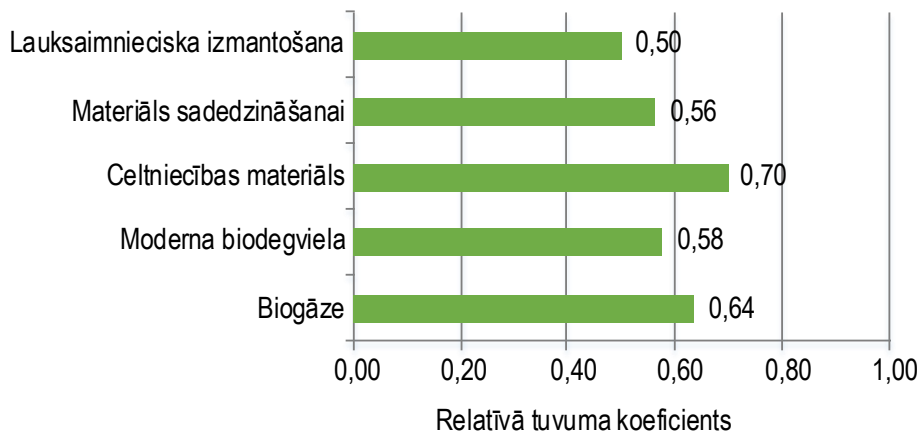


Att. 2.14. Rezultāti scenārijam, kurā ekonomiskā kritērija svars ir 50 %

(3) Klimata scenārijs

Ņemot vērā esošo politisko klimatu, klimata kritērija nozīmīguma pieaugums ir ļoti iespējams, tāpēc arī šajā pētījumā tika izvēlēts iekļaut analīzi scenārijam, kad klimata kritērijs ir absolūta prioritāte, piešķirot tam 50% svaru.

Šī scenārija rezultāti būtiski atšķiras no gadījuma ar reāliem svāriem. Kad klimata faktora svars ir palielināts līdz 50%, celtniecības materiāls ir visvairāk vēlamā izmantošanas iespēja ar relatīvo tuvuma koeficientu ideālajam risinājumam 0,70. Tam seko biogāze, moderna biodegviela, degšanas materiāls un atkārtota izmantošana lauksaimniecībā.



Att. 2.15. Rezultāti scenārijam, kurā vides kritērija svars ir 50 %

(4) Politikas scenārijs

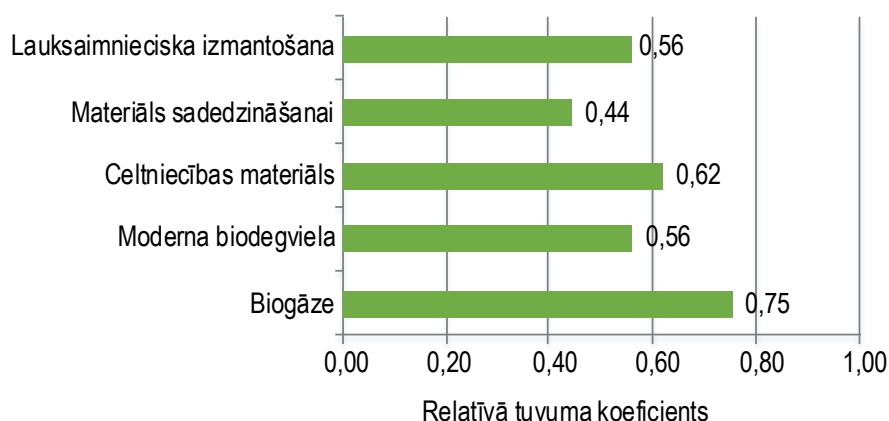
Šis tests ļauj noteikt esošās politikas ietekmi un parāda, kā mainīsies rezultāti, ja politika būs vienlīdz labvēlīga visām alternatīvām izmantošanas iespējām. Politiskā faktora ietekme tiek pārbaudīta, piešķirot visaugstāko atribūta vērtību visiem produktiem (Tabula 2.8) un palielinot politiskā faktora svaru līdz 50%. Šis tests atšķiras no iepriekšējā, jo kopā ar mainīto kritēriju svaru, tiek mainīts arī alternatīvu vērtējums. Tiek pieņemts, ka alternatīvu vērtējums pēc politikas kritērija, ir vieglāk maināms arī reālajā dzīvē, jo pārējie kritēriji ir konsolidēti no vairākiem indikatoriem un aspektiem.

Tabula 2.8

Politiskā faktora atribūtu vērtību modifikācija

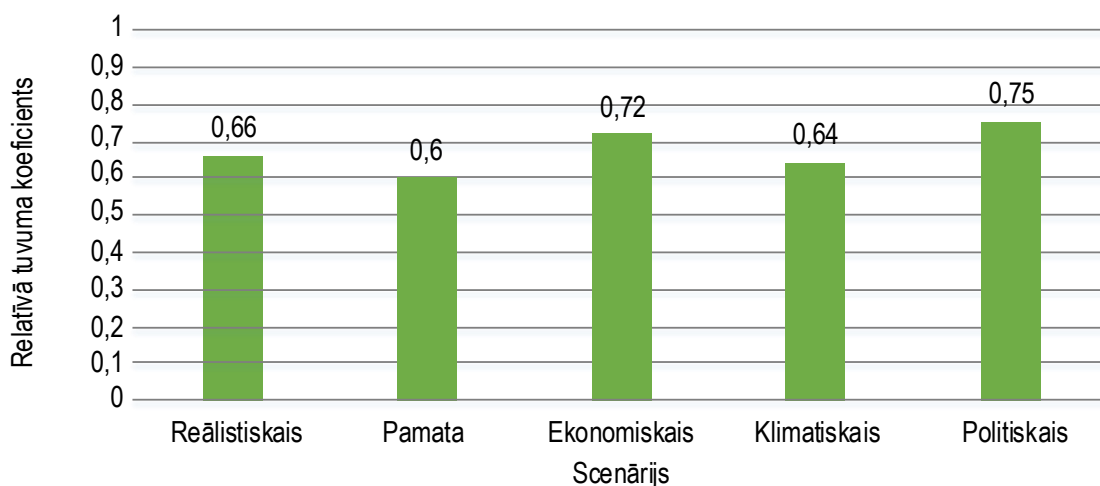
	Produkts	Biogāze	Modernā biodegviela	Celtniecības materiāls	Materiāls sadedzināšanai	Atkārtota izmantošana lauksaimniecībā
	Kritēriji	x1	x2	x3	x4	x5
i ₁	Tehnoloģiskie	5	3	5	5	5
i ₂	Ekonomiskie	5	3	3	1	3
i ₃	Vides	3	4	5	1	4
i ₄	Klimata	4	4	5	4	2
i ₅	Sociālie	4	5	5	4	5
i ₆	Politiskie	5	5	5	5	5

Kad visu alternatīvu vēlamība politikas skatījumā novērtēta ar visaugstāko vērtējumu un politikas kritērija svars palielināts līdz 50%, biogāzes potenciāla tuvums ideālajam risinājumam ir vēl izteiktāks – 0,75. Tāpat kā analizē, kurā izmantoti reālistiskie kritēriju svāri, celtniecības materiāls ir otrā labākā alternatīva. Otrreizējā izmantošana lauksaimniecībā un moderno biodegvielu ražošana šajā gadījumā ir vienlīdz vēlamas, to reitings ir 0,56. Materiālu izmantošana sadedzināšanai ir vistālāk no ideālā risinājuma, šajā scenārijā uzrādot vēl sliktāku rezultātu kā analizē ar reālistiskajiem kritēriju svāriem. Šis scenārijs parāda, ka politikas faktoriem nav būtiskas ietekmes uz izvēlēto lauksaimniecības atlikumu izmantošanas iespēju novērtējumu. Neskatoties uz to, politikas faktors ir ļoti būtisks, jo tas var ietekmēt visus citus faktoros.



Att. 2.16 Rezultāts politiskā scenārijā ar svaru politiskā faktora ir 50% un augstākais nelabvēlību vērtības

Ņemot vērā biogāzes augsto potenciālu kā veiksmīgai lauksaimniecības atlikumu izmantošanas alternatīvai un to, ka tā var būtiski veicināt fosilo resursu aizvietošanu, biogāzes ražošanas alternatīvas novērtējums izdalīts atsevišķi Att. 2.17.



Att. 2.17. Biogāzes ražošana no lauksaimniecības atlikumiem pētījumā aplūkotajos scenārijos

Var redzēt, ka biogāzes ražošanas augstākais potenciāls varētu būt politisko scenāriju realizēšanas un politiskā kritērija novērtējuma un svarīguma palielināšana, nosakot attiecīgos mērķus un īstenojot politiskos instrumentus. Ekonomiskais scenārijā sasniegts otrs labākais rezultāts biogāzes ražošanai ar nedaudz zemāku reitingu nekā politiskajā scenārijā. Tas liecina, ka ekonomiskā aspekta nozīmes palielināšana var atvieglot biogāzes ražošanu.

Rezultāti liecina, ka saskaņā ar pašreizējo situāciju (reālistiskas atribūtu vērtības un kritēriju svāri) iespējamā lauksaimniecības atlikumu izmantošanas iespēju klasifikācija pēc to prioritātes no vislabākās uz sliktāko alternatīvu ir šāda: biogāzes ražošana > celtniecības materiālu ražošana > modernas biodeģvielas ražošana > lauksaimnieciskās izmantošanas > materiāls sadedzināšanai. Tas izceļ nepieciešamību virzīties uz kaskādes resursu izmantošanu, jo, lai gan sadedzināšana un atkārtota izmantošana lauksaimniecībā varētu būt vienkāršākais veids, biogāzes ražošana var dot lielus ieguvumus ekonomikai un klimatam, efektīvāk izmantojot resursus, kā arī sekmējot fosilā kurināmā aizstāšanu. Turklāt mainot politikas uzstādījumus iespējams radīt apstākļus, kas veicinātu biogāzes ražošanas izdevīgumu.

2.1.8. Secinājumi

Lauksaimniecības sektors ir otrs lielākais SEG gāzes emitējošais sektors, tāpēc cīņa par klimata pārmaiņu mazināšanu, neizbēgami ietekmēs lauksaimniecību. Saules, vēja, ģeotermālās un citu atjaunojamo enerģijas avotu izmantošana lauksaimniecībā var ne tikai padarīt to videi draudzīgāku, bet arī samazināt ražošanas izmaksas un uzlabot produktivitāti. Turklāt, pats lauksaimniecības sektors, rada lielu apjomu atlikumu, kas var kļūt par atjaunojamu enerģijas avotu vai vērtīgu resursu. Saules un vēja enerģijas izmantošanai lauksaimniecībā un lauksaimniecības produktu apstrādē ir gadu tūkstošiem sena vēsture. Jaunākās tehnoloģijas ļauj mūsdienās to darīt ar daudz lielāku efektivitāti. Saules enerģija tiek izmantota siltumnīcu apsildei, lauksaimniecības produktu žāvēšanai, ūdens sūkņēšanas nodrošināšanai, akumulatoru uzlādei, ielu apgaismojumā, saldēšanā, kalnrūpniecībā, peldbaseinu apkures sistēmās, ūdeņraža ražošanas procesam un pat augsnes attīrīšanā. Gandrīz tik pat plaši pielietojama ir arī vēja enerģija. Literatūra atrodami arī ģeotermālās enerģijas pielietošanas piemēri no dažādām valstīm.

Kā atjaunojams energoresurss pielietojami arī lauksaimniecības atlikumi. Tos var izmantot kā materiālu, ko sadedzināt siltumenerģijas un elektroenerģijas ieguvei, digestācijā biogāzes vai biometāna ražošanā un citos veidos.

Veicot daudzkritēriju analīzi vairākām apzināti izvēlētām lauksaimniecības atlikumu izmantošanas alternatīvām, Latvijai tika secināts, ka lauksaimniecības atlikumu izmantošana sadedzināšanai ir

vismazāk vēlamā iespēja atlieku izmantošanai gandrīz visos pārbaudītajos scenārijos. Tas bija sagaidāms, jo šī alternatīva tika izvēlēta kā mazāk efektīvs variants. Lai gan pieaugot lauksaimniecības atlieku sadedzināšanai enerģijas ieguvei tiktu veicināta pāreja uz oglekļa neitralitāti, tas nav labākais risinājums resursu izmantošanai. Lauksaimniecības resursi, ieskaitot lauksaimniecības atlikumus, var tikt izmantoti daudz plašāk, lai gūtu ievērojamus ekonomiskos un vides ieguvumus. Tāpēc lauksaimniecības atlikumu izmantošanas veicināšanai enerģētikā nevajadzētu būt politiskam mērķim.

Analīzē izcēlās divi labākie biomasas atlikumu izmantojuma varianti – biogāzes un celtniecības materiālu ražošana. Tomēr ir svarīgi ņemt vērā, ka izvērtēšanas procesā alternatīvas (izmantošanas iespējas) netika salīdzinātas viena ar otru. Lauksaimniecības atlikumu izmantošana celtniecības materiālu ražošanai ieguvusi visaugstāko vērtību pēc klimata kritērija, tomēr, tā nevar palīdzēt sasniegt klimata mērķus, tādā mērogā kā to var darīt biogāze. Tas liecina, ka būtu bijis noderīgi klimata faktoru iedalīt divos faktoros - emisijas gaisā un ieguldījums klimata mērķu sasniegšanā. Secināts, ka pieaugot ekonomiskā faktora nozīmīgumam palielinās arī biogāzes ražošanas priekšrocības.

Lokāli ražotu biogāzi var izmantot arī kā enerģijas avotu lauksaimniecībā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Akkoli, K. M., Gangavati, P. B., Ingalagi, M. R., & Chitgopkar, R. K. (2018). Assessment and characterization of agricultural residues. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 17548–17552. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.071>
- Aldana, H., Lozano, F. J., Acevedo, J., & Mendoza, A. (2015). Thermogravimetric characterization and gasification of pecan nut shells. *Bioresource Technology*, 198, 634–641. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.09.069>
- Algieri, A., Andiloro, S., Tamburino, V., & Zema, D. A. (2019, April 1). The potential of agricultural residues for energy production in Calabria (Southern Italy). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 104, pp. 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.001>
- Ambriz-Díaz, V. M., Rubio-Maya, C., Pacheco Ibarra, J. J., Galván González, S. R., & Martínez Patiño, J. (2017). Analysis of a sequential production of electricity, ice and drying of agricultural products by cascading geothermal energy. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(28), 18092–18102. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.154>
- Bedoić, R., Ćosić, B., & Duić, N. (2019). Technical potential and geographic distribution of agricultural residues, co-products and by-products in the European Union. *Science of the Total Environment*, 686, 568–579. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.219>
- Bentsen, N. S., Jørgensen, J. R., Stupak, I., Jørgensen, U., & Taghizadeh-Toosi, A. (2019, March 10). Dynamic sustainability assessment of heat and electricity production based on agricultural crop residues in Denmark. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 213, pp. 491–507. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.194>
- Bentsen, N. S., Nilsson, D., & Larsen, S. (2018). Agricultural residues for energy - A case study on the influence of resource availability, economy and policy on the use of straw for energy in Denmark and Sweden. *Biomass and Bioenergy*, 108, 278–288. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.11.015>
- Bertuzzi Leonelli, R. (2012). *Enhancing a Decision Support Tool with Sensitivity Analysis*. Central Statistical Bureau of Latvia. (2019). Agriculture of Latvia.
- Çiftçiöğlü, G. A., Kadirgan, F., Kadirgan, M. A. N., & Kaynak, G. (2020). Smart agriculture through using cost-effective and high-efficiency solar drying. *Heliyon*, 6(2), e03357. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03357>
- Eiropas Klimata fonds. (2019). *Eiropas Klimata fonds*.
- Farfan, J., Lohrmann, A., & Breyer, C. (2019). Integration of greenhouse agriculture to the energy infrastructure as an alimentary solution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 110, 368–377. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.04.084>
- Ganiyu, S. O., Martínez-Huitle, C. A., & Rodrigo, M. A. (2020). Renewable energies driven electrochemical wastewater/soil decontamination technologies: A critical review of fundamental concepts and applications. *Applied Catalysis B: Environmental*, 270, 118857. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2020.118857>
- García-Valladares, O., Ortiz, N. M., Pilatowsky, I., & Menchaca, A. C. (2020). Solar thermal drying plant for agricultural products. Part 1: Direct air heating system. *Renewable Energy*, 148, 1302–1320. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.069>
- Go, A. W., Conag, A. T., Igdon, R. M. B., Toledo, A. S., & Malila, J. S. (2019, January 1). Potentials of agricultural and agro-industrial crop residues for the displacement of fossil fuels: A Philippine context. *Energy Strategy Reviews*, Vol. 23, pp. 100–113. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.12.010>
- Gojiya, A., Deb, D., & Iyer, K. K. R. (2019). Feasibility study of power generation from agricultural residue in comparison with soil incorporation of residue. *Renewable Energy*, 134, 416–425. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.11.003>

- Gourdo, L., Fatnassi, H., Tiskatine, R., Wifaya, A., Demrati, H., Aharoune, A., & Bouriden, L. (2019). Solar energy storing rock-bed to heat an agricultural greenhouse. *Energy*, *169*, 206–212. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.036>
- Hasan, A. S. M. M., & Ammenberg, J. (2019). Biogas potential from municipal and agricultural residual biomass for power generation in Hazaribagh, Bangladesh – A strategy to improve the energy system. *Renewable Energy Focus*, *29*, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2019.02.001>
- Ishizaka, A., & Nemery, P. (2013). *Multi-Criteria Decision Analysis: Methods and Software*. John Wiley & Sons Ltd.
- Jaffar, M. M., Nahil, M. A., & Williams, P. T. (2020). Pyrolysis-catalytic hydrogenation of cellulose-hemicellulose-lignin and biomass agricultural wastes for synthetic natural gas production. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, *145*, 104753. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2019.104753>
- Jones, M. P., Lawrie, A. C., Huynh, T. T., Morrison, P. D., Mautner, A., Bismarck, A., & John, S. (2019). Agricultural by-product suitability for the production of chitinous composites and nanofibers utilising *Trametes versicolor* and *Polyporus brumalis* mycelial growth. *Process Biochemistry*, *80*, 95–102. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.01.018>
- Lamidi, R. O., Jiang, L., Pathare, P. B., Wang, Y. D., & Roskilly, A. P. (2019, January 1). Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review. *Applied Energy*, Vol. 233–234, pp. 367–385. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.044>
- Latvijas Republikas Saeima. (2010). *Latvijas ilgtspējīgas attīstības stratēģija līdz 2030. gadam*.
- Li, P., Qian, H., Wu, J., & Chen, J. (2013). Sensitivity analysis of TOPSIS method in water quality assessment: I. Sensitivity to the parameter weights. *Environmental Monitoring and Assessment*, *185*(3), 2453–2461. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2723-9>
- Lingayat, A. B., Chandramohan, V. P., Raju, V. R. K., & Meda, V. (2020, January 15). A review on indirect type solar dryers for agricultural crops – Dryer setup, its performance, energy storage and important highlights. *Applied Energy*, Vol. 258, p. 114005. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114005>
- Liu, X., Zhang, S., & Bae, J. (2017). The nexus of renewable energy-agriculture-environment in BRICS. *Applied Energy*, *204*, 489–496. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.077>
- Lozano, F. J., & Lozano, R. (2018). Assessing the potential sustainability benefits of agricultural residues: Biomass conversion to syngas for energy generation or to chemicals production. *Journal of Cleaner Production*, *172*, 4162–4169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.037>
- Morato, T., Vaezi, M., & Kumar, A. (2019). Assessment of energy production potential from agricultural residues in Bolivia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *102*, 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.11.032>
- Muradin, M., & Foltynowicz, Z. (2014). Potential for Producing Biogas from Agricultural Waste in Rural Plants in Poland. *Sustainability*, *6*(8), 1–10.
- Narvarte, L., Fernández-Ramos, J., Martínez-Moreno, F., Carrasco, L. M., Almeida, R. H., & Carrêlo, I. B. (2018). Solutions for adapting photovoltaics to large power irrigation systems for agriculture. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *29*, 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2018.07.004>
- Pārresoru koordinācijas centrs. (2012). *Nacionālais attīstības plāns 2014.–2020.gadam*.
- Qyyum, M. A., Haider, J., Qadeer, K., Valentina, V., Khan, A., Yasin, M., ... Lee, M. (2020, March 1). Biogas to liquefied biomethane: Assessment of 3P's—Production, processing, and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 119, p. 109561. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109561>
- Rikkonen, P., Tapio, P., & Rintamäki, H. (2019). Visions for small-scale renewable energy production on Finnish farms – A Delphi study on the opportunities for new business. *Energy Policy*, *129*, 939–948. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.03.004>

- Safieddin Ardebili, S. M., & Khademalrasoul, A. (2018). An analysis of liquid-biofuel production potential from agricultural residues and animal fat (case study: Khuzestan Province). *Journal of Cleaner Production*, 204, 819–831. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.09.031>
- Samadi, S. H., Ghobadian, B., & Nosrati, M. (2020). Prediction and estimation of biomass energy from agricultural residues using air gasification technology in Iran. *Renewable Energy*, 149, 1077–1091. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.10.109>
- Scarlat, N., Fahl, F., Lugato, E., Monforti-Ferrario, F., & Dallemand, J. F. (2019). Integrated and spatially explicit assessment of sustainable crop residues potential in Europe. *Biomass and Bioenergy*, 122, 257–269. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.01.021>
- Sharma, H., Haque, A., & Jaffery, Z. A. (2019). Maximization of wireless sensor network lifetime using solar energy harvesting for smart agriculture monitoring. *Ad Hoc Networks*, 94, 101966. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2019.101966>
- Tajeddin, A., & Roohi, E. (2019, May 25). Designing a reliable wind farm through hybridization with biomass energy. *Applied Thermal Engineering*, Vol. 154, pp. 171–179. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.03.088>
- Vakalis, S., Moustakas, K., Heimann, R., & Loizidou, M. (2019). The renewable battery concept via conversion of agricultural waste into biocoal using frictional pyrolysis. *Journal of Cleaner Production*, 229, 1183–1188. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.077>
- Valenti, F., Zhong, Y., Sun, M., Porto, S. M. C., Toscano, A., Dale, B. E., ... Liao, W. (2018). Anaerobic co-digestion of multiple agricultural residues to enhance biogas production in southern Italy. *Waste Management*, 78, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.05.037>
- Venturini, G., Pizarro-Alonso, A., & Münster, M. (2019). How to maximise the value of residual biomass resources: The case of straw in Denmark. *Applied Energy*, 250, 369–388. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.166>
- Waheed, R., Chang, D., Sarwar, S., & Chen, W. (2018). Forest, agriculture, renewable energy, and CO2 emission. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4231–4238. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.287>
- Wang, Z., Lei, T., Yan, X., Chen, G., Xin, X., Yang, M., ... Gupta, A. K. (2019). Common characteristics of feedstock stage in life cycle assessments of agricultural residue-based biofuels. *Fuel*, 253, 1256–1263. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.05.105>
- Weide, T., Baquero, C. D., Schomaker, M., Brüggling, E., & Wetter, C. (2020). Effects of enzyme addition on biogas and methane yields in the batch anaerobic digestion of agricultural waste (silage, straw, and animal manure). *Biomass and Bioenergy*, 132, 105442. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105442>
- Xu, X., Wei, Z., Ji, Q., Wang, C., & Gao, G. (2019). Global renewable energy development: Influencing factors, trend predictions and countermeasures. *Resources Policy*, 63, 101470. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101470>
- Zhu, T., Curtis, J., & Clancy, M. (2019, October 1). Promoting agricultural biogas and biomethane production: Lessons from cross-country studies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 114, p. 109332. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109332>

2.2. ATJAUNOJAMĀS ENERĢIJAS IZMANTOŠANAS IESPĒJAS RŪPniecības SEKTORĀ

Novērtēts, ka rūpniecības nozarē vairāk tiek izmantota neatjaunojamā enerģija un mazākā mērā atjaunojamās enerģijas resursi, tomēr arī rūpniecības sektorā atjaunojamās enerģijas izmantošanas īpatsvars aizvien vairāk pieaug un apzināts, ka atjaunojamās enerģijas resursiem rūpniecības sektorā pastāv augsts izmantošanas potenciāls (Salha et al., 2018).

Ķīna pēdējos gados aizvien vairāk sāk pāriet no fosilās enerģijas resursiem uz tīrākiem enerģijas avotiem t.sk. ražošanas nozarēs izmantojot vēja turbīnas un saules PV paneļus. Ķīna ir viena no vadošajām valstīm elektrisko automašīnu, vēja turbīnu un saules PV paneļu ražošanā. Pamazām arī vairāki no lielajiem degvielas uzņēmumiem savā darbībā sāk vismaz daļēji pārorientēties uz atjaunojamās enerģijas izmantošanu. Tādi liela mēroga naftas uzņēmumi kā *Shell*, *British Petroleum* iegulda ievērojamas investīcijas atjaunojamajā enerģijā, kā arī elektrisko automašīnu uzlādē (Edomah, 2019).

Dienvidāzijā vairākas jaunattīstības valstis, piemēram, Indija, Pakistāna, Šrilanka, Butāna, Nepāla, Afganistāna un Maldīvija aizvien vairāk meklē iespējas izmantot atjaunojamās enerģijas resursus, piemēram, sauli, vēju, hidroenerģiju un biomasu. Nepālai vien ir milzīgs hidroenerģijas potenciāls - 83,000 MW (Shukla et al., 2017).

Pamatojoties uz 2017. gada datiem, Eiropas Savienībā rūpniecības sektora enerģijas patēriņš bija 10929 PJ, kas atbilst 23% no kopējā gala enerģijas patēriņa attiecīgajā gadā. Novērtēts, ka atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanas īpatsvars rūpniecībā attiecīgajā gadā vērtējams kā neliels - 9% un no atjaunojamiem enerģijas avotiem visvairāk tika izmantota cietā biomasu - 93% (Malico et al., 2019).

Novērtēts, ka siltumenerģijas procesu nodrošināšana rūpniecībā veido lielāko īpatsvaru no sektorā nepieciešamā enerģijas apjoma. Apzināts, ka 28 Eiropas Savienības dalībvalstīs rūpniecības sektorā 28,84% no ražošanas procesiem nepieciešamā siltuma tiek izmantots piecās energoietilpīgākajās ražošanas nozarēs: dzelzs un tērauda rūpniecībā, ķīmijas un naftas ķīmijas rūpniecībā, celulozes, papīra un tipogrāfijas ražošanā, pārtikas, dzērienu un tabakas rūpniecībā un nemetālisko minerālu ražošanā, piemēram, cementa ražošanā (Malico et al., 2019).

2.2.1. Saules enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā

Eiropā apmēram trešdaļa no kopējā enerģijas pieprasījuma rūpniecības sektorā atbilst rūpniecības procesiem, kuru veikšanai nepieciešamā temperatūra ir zem 100 °C un līdz ar to šiem procesiem kā enerģijas avotu iespējams izmantot saules enerģiju. Lai gan Eiropā saules enerģijas tehnoloģijas plaši tiek izmantotas māsaimniecības sektorā, rūpniecības sektorā saules enerģijas tehnoloģiju faktiskā izmantošana vērtējama kā salīdzinoši zema. Eiropā apmēram 27% no kopējā enerģijas pieprasījuma tiek patērēts rūpniecības sektorā no kuriem aptuveni 30% atbilst procesiem, kuri notiek zemās temperatūrās - zem 100 °C un 27% vidējās temperatūrās - no 100 līdz 400 °C.

Rūpniecības procesiem nepieciešamās temperatūras līdz 200 °C, tiek sasniegtas izmantojot īpaši augsta vakuuma plāksņu kolektorus un vakuuma cauruļu kolektorus ar koncentratoriem. Savukārt paraboliskie vai Fresnera saules koncentratori, var radīt spiediena tvaiku temperatūrās līdz 400 °C.

Novērtēts, ka izmantojot saules enerģijas tehnisko potenciālu līdz 2030.gadam iespējams nodrošināt aptuveni 15 EJ saules siltumenerģijas un šajā periodā saules siltumenerģijas īpatsvars rūpniecības nozarē varētu sasniegt 33%, tomēr Eiropas mērogā ir salīdzinoši neliels saules kolektoru daudzums, kas pārsniegtu 1000 m² (Kylli et al., 2018).

Pēdējās desmitgadēs aizvien vairāk tiek pielietotas un attīstītas saules enerģijas tehnoloģijas rūpniecības procesiem. Ķīna ir novērtēta kā lielākais enerģijas patērētājs un rūpniecības sektors veido gandrīz 70% no kopējā enerģijas patēriņa un turpina pieaugt līdz ar to aizvien nozīmīgāki paliek enerģijas patēriņa un izmaksu samazināšanas jautājumi. Novērtēts, ka ražošanas procesi zemās un vidēji zemās temperatūrās veido aptuveni 45% no kopējā ražošanas procesiem nepieciešamā siltuma, kas nosedz

aptuveni 50–70% no kopējā rūpniecībā radītā enerģijas patēriņa Līdz ar to radot labvēlīgus apstākļus saules enerģijas izmantošanai rūpnieciskajos procesos. Ķīnā rūpniecības sektors iedalās enerģētikas, apstrādes rūpniecības un kalnrūpniecības apakšsektoros. Apstrādes rūpniecība veido dominējošo daļu - 82,1%, bet 9,7% attiecīgi ir 8,2% ir enerģētika un kalnrūpniecība (Jia et al., 2018).

Lai uzlabotu tirgus konkurētspēju, samazinātu degvielas izmaksas un vides piesārņojumu uzņēmumi aizvien vairāk rūpnieciskajās sistēmās sāk izmantojot atjaunojamo enerģiju lielāko uzmanību pievēršot tieši potenciāli izdevīgākajai saules enerģijas sistēmu ieviešanai rūpniecībā. Aprēķināts, ka līdz 2014. gada beigām visā pasaulē saules kolektoru uzstādītā jauda bija 410,2 GWth un lielāko daļu veidoja Ķīna - 70,6% (t.i., 289,5 GWth). Rūpnieciskās saules enerģijas sistēmas (SHIP) Ķīnā darbojās kopš 2010. gada. Sistēmas balstās uz saules enerģijas izmantošanu dažādos rūpnieciskās ražošanas procesos un dažādās nozarēs (Jia et al., 2018).

2.2.1.1. Saules enerģijas rūpnieciskās sistēmas

Saules kolektori

Saules enerģijas rūpniecisko sistēmu (SHIP) tehnoloģiskās iekārtas var veidot dažādu tipu kolektori. Izplatītākie no tiem ir plakanie plākšņu kolektori (FPCs) un paraboliskie siles veida kolektori (PTCs). Plakano plākšņu kolektori un cauruļu tipa kolektori (ETCs) ir piemēroti izmantošanai procesos ar zemām temperatūrām, savukārt paraboliskos kolektorus iespējams izmantot ražošanas procesiem, kuriem nepieciešami augstāki temperatūras apstākļi, izmantojot paraboliskos kolektorus iespējams sasniegt temperatūru, kas pārsniedz 250 °C (Tabula 2.9) (Jia et al., 2018).

Plakano plākšņu kolektoriem (FPC) un cauruļu kolektoriem (ETCs) izstrādāti moderni dizaini, piemēram, plakano plākšņu kolektori aprīkoti ar caurspīdīgu izolācijas materiālu, lai nodrošinātu līdz 150 °C augstus temperatūras apstākļus. Attiecībā uz plakano plākšņu kolektoriem iespējams izmantot arī daudzkārtēju stiklojumu, kas ļauj sasniegt un saglabāt temperatūru līdz 110 °C, kā arī iespējams izmantot inertiem gāzi vai īpaši augstu vakuumu, kas ļauj saglabāt temperatūru līdz 150 °C (Jia et al., 2018).

Rūpnieciskos procesos parasti nepieciešams izmantot vidējas temperatūras siltumenerģijas sistēmas tādas kā jau augstāk minētie siles veida paraboliskie kolektori (PTCs) un lineārie *Fresnela* kolektori (LFRs). Atkarībā no absorbētāja un efektīvā koncentrācijas koeficienta šie augstas koncentrācijas kolektori var sasniegt temperatūru līdz 400 °C, un ir nozīmīga saules enerģijas rūpnieciskās sistēmas sastāvdaļa (Jia et al., 2018).

Tabula 2.9

Saules kolektoru veidi

Kustība	Kolektora veids	Absorbētāja tips	Koncentrācijas koeficients	Indikatīvais temperatūras lielums
Stacionārs	Plakanā tipa kolektors (FPC)	Plakans	1	30–80
	Vakuuma cauruļu kolektors (ETC)	Plakans	1	50–200
	Saliktais paraboliskais koncentrators (CPC)	Cauruļveida	1–5	60–240
Vienass sekošanas sistēma	Fresnela lēcas kolektors (FLC)	Cauruļveida	10–40	60–250
	Parabolcilindriskais koncentrators (PTC)	Cauruļveida	15–45	60–300

	Cilindriskais kolektors (CTC)	Cauruļveida	10–50	60–300
Divas sekošanas sistēma	Parabolšķīvja kolektors (PDR)	Punktveida	100–1000	100–500
	Heliostata lauka kolektors (HFC)	Punktveida	100–1500	150–2000

Aprēķināts, ka saules enerģijas projektos saules enerģijas rūpnieciskās sistēmas iekārtas veido 50–70% no kopējām izmaksām, bet atlikušo daļu aizņem uzstādīšana un sistēmu integrēšana kopējā sistēmā (Jia et al., 2018).

Atkarībā no lietojuma veida un attiecīgajiem procesiem nepieciešamās temperatūras saules enerģijas rūpnieciskajām sistēmām iespējami dažādi režīmi:

1. Saules enerģijas izmantošana ūdens nodrošināšanai ražošanas procesos. Karstā ūdens sistēmām nepieciešama temperatūra virs 80 °C (dažos gadījumos 100–250 °C);
2. Saules enerģijas izmantošana tvaika ģenerēšanai ražošanas procesos. Rūpnieciskais tvaiks galvenokārt tiek izmantots tīrīšanai pirmapstrādē, sterilizācijas procesos un mitruma noņemšanai augstas temperatūras apstākļos;
3. Vel viens SHIP režīms ir sausā žāvēšana. Žāvēšana tiek veikta izmantojot tiešās vai netiešās saules enerģijas sistēmas (siltumnīcas tipa, kolektora tipa, kombinētās siltumnīcas un kolektora tipa žāvēšanas sistēmas);
4. Jūras ūdens atsāļošana izmantojot saules enerģiju. Saules enerģijas ūdens atsāļošanas sistēma var darboties neatkarīgi, to neierobežo tvaiks vai elektrība, un to iespējams darbināt tīrā veidā, neizmantojot fosilo kurināmo (Jia et al., 2018).

Saules enerģijas rūpnieciskās sistēmas kopējā ražošanas sistēmā iespējams integrēt savienojot zemas temperatūras prasības kopā ar esošajiem procesiem siltumenerģijas nodrošināšanai (Jia et al., 2018).

2.2.1.2. Saules enerģijas izmantošana karstā ūdens nodrošināšanai rūpniecības sektorā

Saules siltumenerģijas sistēmu izmantošana karstā ūdens ieguvei pārsvarā ir piemērota tām rūpniecības nozarēm, kur procesu nodrošināšanai nepieciešamā ūdens temperatūra ir diapazonā no 40 °C līdz 80 °C. Šādas nozares ir, piemēram, pārtikas rūpniecība, agrorūpniecība, tekstilizstrādājumu ražošana, ķīmiskā rūpniecība, kā arī dzērienu ražošana. Pētījumā tika apzināts, ka zemo izmaksu un vienkāršo konstrukciju dēļ tekstilizstrādājumu ražotnē tika ieviestas iebūvētas ūdens sildīšanas iekārtas, kas vienā sistēmā apvienoja plāksņu kolektorus un ūdens uzkrāšanas tvertnes. Novērtēts, ka saules enerģiju karstā ūdens sagatavošanai papildus jau minētajām nozarēm iespējams pielietot arī piena pārstrādes procesos, kas tiek veikti zemās temperatūrās, piemēram, siera ražošanā un attīrīšanas procesos (Jia et al., 2018).

2.2.1.3. Saules enerģijas izmantošanas iespēju un potenciāla globālais raksturojums

Austrālijā veiktajā pētījumā tika analizēti desmit valstu šā brīža potenciāls un nākotnes iespējas rūpniecības sektorā procesos kā enerģijas avotu izmantot saules enerģiju. Tika novērtēts, ka rūpniecības sektori, kuriem ir augstākais potenciāls izmantot saules enerģiju ir, piemēram, mehānisko transportlīdzekļu ražotnes, tekstila ražošana, poligrāfija, metālizstrādājumu ražošana, papīra ražošana, gumijas un plastmasas ražošana, ķīmiskā rūpniecība, pārtikas produktu un dzērienu ražošana, kā arī elektrisko iekārtu aprīkojuma ražošana. Pētījumā noskaidrots, ka galvenās projektēšanas specifikācijas, kas jāņem vērā pie saules kolektoru uzstādīšanas ir kolektora veids, novietojums, siltummaiņu izmēri un slodze attiecībā uz lietojumu. Pētījumā tika apzināts, ka zemāk esošās valstis rūpniecības sektorā atsevišķās nozarēs ir ieviesušas saules enerģijas izmantošanu ražošanas procesos (Farjana et al., 2018).

Indija

Aprēķināts, ka Indijas rūpnieciskās enerģijas patēriņš sasniedz 150 miljonus tonnu naftas ekvivalenta, kas veido 38% no valstī patērētās enerģijas. Novērtēts, ka Indija veido 1,2% no kopējās saules enerģijas sistēmas jaudas karstā ūdens nodrošināšanai, kur pārtikas nozare un lauksaimniecība ir vadošās nozares, kurās tiek izmantotas rūpnieciskās saules enerģijas sistēmas. Indijā atrodas ievērojams skaits ar lielas jaudas rūpnīcām, kurās kā enerģijas avots tiek izmantotas ar saules enerģiju darbināmas tehnoloģiskās iekārtas - saules kolektori, kas izveidoti un ieviesti, lai nodrošinātu nepieciešamo enerģiju tādās nozarēs kā metālapstrāde, elektrisko iekārtu aprīkojuma ražošana, mehānisko transportlīdzekļu ražošana, tabakas ražošana, papīra, kā arī transporta aprīkojuma ražošana. Ar augstu saules enerģijas izmantošanas iespēju potenciālu novērtēta arī zivju pārstrāde un augļu žāvēšana. Pētījumā novērtēts, ka gaisa sildītāji apvienojumā ar saules enerģiju darbināmiem recirkulācijas žāvētājiem varētu tikt izmantoti, piemēram, mango, ananāsu un banānu žāvēšanai. Tāpat arī apzināts, ka šobrīd plaša mēroga izpēte tiek koncentrēta attiecībā uz saules enerģijas izmantojamajām žāvēšanas iekārtām lauksaimniecībā un pārtikas nozarē.

Austrija

Apzināts, ka vienā no Austrijas reģioniem uzstādīti saules kolektori vairāk nekā 1 miliona m² platībā. Austrija tiek uzskatīta par vadošo valsti vairākās rūpniecības nozarēs, kur kā enerģijas avots tiek izmantotas saules enerģijas sistēmas, t.sk. pārtikas un dzērienu ražošanā, ādas, ķīmisko vielu, kā arī metāla izstrādājumu ražošanā. Savukārt, lielākās saules enerģijas kolektoru platības ar lielākajām tehnoloģisko iekārtu jaudām uzstādītas darbību procesu nodrošināšanai metālrūpniecībā un mēbeļu ražošanas nozarē.

Vācija

Vācijā, pateicoties valdošajām politikas nostādnēm un atbalsta programmām atjaunojamās enerģijas veicināšanai, salīdzinoši ar citām valstīm uzstādītas lielākas jaudas iekārtas, kuras tiek darbinātas ar saules enerģiju. Izmantojot saules siltumenerģiju iegūtā enerģija tiek izmantota lauksaimniecības, dzērienu ražošanas un metālizstrādājumu ražošanas procesu nodrošināšanai.

Amerikas Savienotās Valstis

Amerikas Savienotajās valstīs dabasgāze visvairāk tiek izmantota tādās ražošanas nozarēs kā ķīmiskā rūpniecība, pārtikas, papīra un naftas produktu ražošana. Neskatoties uz to saules enerģija kā primārais enerģijas avots aizvien vairāk tiek izmantota pārtikas un dzērienu rūpniecībā, kur ražotnes jau šobrīd aprīkotas ar liela mēroga saules siltumenerģijas sistēmām ražošanas procesu nodrošināšanai.

Ķīna

Ķīna ir uzskatāma par līderi saules enerģijas sistēmu ieviešanā, tomēr rūpniecības sektorā tieši saules enerģija ražošanas procesos tiek pielietota galvenokārt tādās nozarēs kā lauksaimniecība, pārtikas un dzērienu ražošanai, kā arī tekstila un ķīmiskā rūpniecība.

Francija

Francijā saules siltumenerģijas iekārtas tiek izmantotas pārtikas un dzērienu ražošanā un metālrūpniecības nozarē galvenokārt pielietojot plāksņu kolektorus un cauruļu kolektoru tehnoloģijas. Iegūtā saules siltumenerģija dzērienu ražošanā tiek izmantota tādos procesos kā, piemēram, dzērienu pudeļu apstrādē nodrošinot nepieciešamo temperatūru, kā arī dzesēšanā.

Griekija

Griekijas rūpniecības sektorā visvairāk saules siltumenerģijas iekārtas tiek izmantotas pārtikas ražošanā, kā arī ievērojams skaits ar saules enerģiju darbināmu iekārtu uzstādītas ražošanas procesu

nodrošināšanai dzērienu, tekstilizstrādājumu, farmācijas, kā arī ādas izstrādājumu ražošanas nozarēs (Tabula 2.10) (Farjana et al., 2018).

Tabula 2.10

Rūpniecības nozares, kurās izmanto SHIP, un dominējošās rūpniecības nozares, kuras darbībā nav integrējušas AER

Indija	Lauksaimniecība, pārtika, tabaka, tekstils, apģērbs, ādas izstrādājumi, papīrs, ķīmikālijas, metāls, elektriskais aprīkojums, transporta iekārtas	Farmācija, metāls, kalnrūpniecība
Austrija	Pārtika, dzērieni, ādas izstrādājumi, ķīmikālijas, metāls, mēbeles	Elektroautomātika un elektronikas rūpniecība, koksnes, celulozes un papīra rūpniecība
Vācija	Lauksaimniecība, pārtika, dzērieni, tekstilizstrādājumi, ķīmikācijas, metāls	Automobiļi, elektriskās iekārtas
ASV	Lauksaimniecība, pārtika, dzērieni, tekstilizstrādājumi	Metāls, mehāniskie transportlīdzekļi, aviācijas un kosmosa iekārtas, elektronika, kalnrūpniecība
Spānija	Lauksaimniecība, pārtika, tekstilizstrādājumi, koksne, metāls, mehāniskie transportlīdzekļi	Ķīmikālijas, farmācija, kuģbūve, automobiļi
Ķīna	Lauksaimniecība, pārtika, dzērieni, tekstilizstrādājumi, ķīmikālijas, ādas izstrādājumi	Kalnrūpniecība un rūdas apstrāde, dzelzs un tērauds, alumīnijs, ogle, iekārtas, cements, automobiļi, kuģi
Dienvidāfrika	Kalnrūpniecība, pārtika, dzērieni, tekstils, ķīmikālijas, mehāniskie transportlīdzekļi	Automobiļi, elektronika
Meksika	Lauksaimniecība, pārtika	Aviācijas un kosmosa tehnika, elektronika, tabaka, ķīmikālijas, dzelzs un tērauds, kalnrūpniecība, tekstilizstrādājumi, apģērbi, mehāniskie transportlīdzekļi
Francija	Pārtika un dzērieni, metāls	Automobiļu ražošana, lidaparātu ražošana, ķīmikālijas, elektronika
Grieķija	Pārtika, dzērieni, tekstils, farmācijas preces, ādas izstrādājumi	Pārvadājumi, ķīmikālijas, metālapstrāde, kalnrūpniecība

Austrālija

Austrālijas veiktajā pētījumā apzināts, ka pēc ģeogrāfiskā novietojuma un saules intensitātes Austrālijai ir ievērojams potenciāls siltumenerģiju izmantot arī rūpniecības procesos. Austrālijā galvenā rūpniecības nozare ir kalnrūpniecība, kur procesu nodrošināšanai nepieciešami augstas temperatūras apstākļi, kurus nav iespējams tik vienkārši nodrošināt, kā arī oglēm ir zemākas izmaksas un līdz ar to saules potenciālajām saules enerģijas izmantošanas iespējām tiek pievērsta mazāka uzmanība (Farjana et al., 2018).

2.2.1.3.Saules enerģijas faktiskā izmantošana dažādās rūpniecības nozarēs

Mehānisko transportlīdzekļu rūpniecība

Dienvidāfrika, Indija un Spānija savās mašīnrūpniecības ražošanas sistēmās kā enerģijas avotu aizvien vairāk izmanto saules enerģiju. Iegūtais karstais ūdens tiek izmantots automašīnu krāsošanas un krāsas uzklāšanas nodrošināšanai, motora komponentu mazgāšanai, kā arī virsbūvju pirmapstrādes

līnijās. Mehānisko transportlīdzekļu ražošanas procesos tiek izmantoti dažādu veidu saules kolektori ar kuriem iespējams sasniegt maksimālo temperatūru 120 °C (Farjana et al., 2018).

Alus darītavas

Saules siltumenerģiju alus ražošanā iespējams izmantot tādos procesos kā: tvaika ģenerēšana, iesala ražošanas process, graudu dīģšanas apturēšana, gaisa dzesēšana, konservācija izmantojot karstu gaisu, procesu nodrošināšanai krāsnīs. Alus ražošanā procesiem nepieciešamās temperatūras ir zemas līdz vidējas un līdz ar to atbilstošas saules enerģijas iekārtu izmantošanai.

Novērtēts, ka vairākas Eiropas valstis, Ķīna, Dienvidāfrika un Amerikas Savienotās Valstis sniedz ievērojamu ieguldījumu CO₂ emisiju samazināšanā alus darītavās ražošanas procesos kā enerģijas avotu izmantojot saules enerģiju. Mazgāšanas un tīrīšanas procesos tiek izmantota maksimālā temperatūra – 120 °C, kas atbilst arī tai temperatūrai, ko iespējams iegūt izmantojot saules enerģijas tehnoloģiskās iekārtas. Pēc tam pudeļu pirmapstrādei un uzsildīšanai tiek izmantoti gaisa kolektori vai plākšņu kolektori (*flat-plate collector*) ar maksimālo temperatūru 60 °C. Lai palielinātu kopējo energoefektivitāti, saules siltumenerģijas integrēšana izmantojot kolektorus tiek uzskatīta par perspektīvu alternatīvu, lai nodrošinātu zemas temperatūru prasības, kādas nepieciešamas alus ražošanai (Farjana et al., 2018).

Pārtikas rūpniecība

Pārtikas rūpniecība novērtēta kā dominējošā rūpniecības nozare, kur tiek izmantotas saules siltumenerģijas sistēmas. Liela daļa Eiropas, Ziemeļamerikas, Dienvidamerikas un Āzijas valstu pārtikas rūpniecībā kā siltumenerģijas avotu izmanto saules enerģijas sistēmas un par dominējošajām valstīm tiek uzskatītas ir Meksika, Amerikas Savienotās Valstis, Grieķija, Indija, Spānija un Austrija. Saules enerģija kā enerģijas avots tiek izmantota tādos pārtikas rūpniecības procesos kā karstā ūdens nodrošināšana, pirmapstrāde, pasterizēšana, pirmēja sildīšana, žāvēšana un vārīšana. Apzināts, ka pārtikas rūpniecībā kā saules enerģijas sistēmas galvenokārt tiek izmantoti plakano plākšņu kolektori (*flat-plate collector*) un paralēlie sliežu kolektori (Farjana et al., 2018).

Tītaru pārstrādes rūpnīca

2012.gadā Amerikas Savienotajās Valstīs, Ziemeļkarolīnā tika uzstādīta viena no lielākajām ar saules enerģiju darbināmām iekārtām, kas aprīkota ar plakano plākšņu kolektoriem, kas tika izmantota, lai tītaru pārstrādes rūpnīcai procesu nodrošināšanai piegādātu karsto ūdeni (Jia et al., 2018).

Siera ražošana

Itālijas pilsētā Sardīnijā piena pārstrādes ražotnē *Fresnela* tipa saules kolektori tika izmantoti tvaika ģenerēšanai siera ražošanas procesa nodrošināšanai. Novērtēts, ka saules kolektoros ieguldītajām investīcijām atmaksas periods bija aptuveni četri gadi (Jia et al., 2018).

Piena pārstrāde

Indija

Piena rūpniecība Indijā veido 13% no kopējās gatavās saražotās piena produkcijas apjoma un izmantojot saules enerģijas sistēmas iespējams nodrošināt 0,49 PJ siltumenerģijas. Tāpat novērtēts, ka izmantojot ar saules enerģiju darbināmas iekārtas iespējas gadā iespējams ietaupīt 12,9 kilotonnas dīzeldegvielas un CO₂ siltumnīcefekta gāzu emisijas samazināt par 41 kilotonnu. Piena pārstrādē iespējams izmantot plakano plākšņu un cauruļveida kolektorus (Suresh & Rao, 2017).

Papīra ražošana

Indija

Indijas papīra rūpniecība saražo apmēram 2,6% no pasaulē kopējā papīra ražošanas apjoma (Ferjana et al., 2018). Noskaidrots, ka Indijā papīra ražošanas nozare ir viena no energoietilpīgākajām rūpniecības sektorā un papīra ražošanas jauda pārsniedz 10 miljonus tonnu. Aprēķināts, ka kopējais Indijas papīra ražošanai nepieciešamais gada enerģijas patēriņš ir aptuveni 52 miljoni Gcal, kas ir ekvivalents aptuveni 220 miljoniem ASV dolāru. Procesi, kuros ir iespējams integrēt saules enerģijas tehnoloģijas, ir atmizošana, celulozes ražošana, balināšana, papīra ražošana. Pētījumā novērtēts, ka kopējais enerģijas potenciāls, ko iespējams iegūt izmantojot saules enerģijas sistēmas – konkrētajā gadījumā paraboliskos kolektorus, ir 25,2 PJ gadā (Suresh & Rao, 2017). Kādā no pētījumiem novērtēts, ka vienas no Indijas papīra ražošanas rūpnīcām procesu nodrošināšanai izmanto integrētos saules enerģijas kolektorus ar maksimālo temperatūru 98 °C (Tabula 2.11) (Farjana et al., 2018).

Tabula 2.11

Piemēroti saules kolektori celulozes un papīra rūpniecībā

Process	Temperatūra, °C	Esošais enerģijas avots	Piemērotākais saules kolektora tips
Gatavošana, žāvēšana	60–80	Mazuts, naftas kokss, rīsu miziņās un ogles	FPC
Apsildes sistēmas ūdens	60–90		FPC
Balināšana	130–150		ETC

Farmācijas industrija

Novērtēts, ka farmācijas ražošanas procesos nepieciešamie temperatūras apstākļi ir diapazonā no 160-180 °C. Pēc esošās informācijas apzināts, ka Ēģiptes un Grieķijas farmācijas industrijas atsevišķu procesu nodrošināšanai izmanto saules enerģijas sistēmas, piemēram, tādus procesus kā tvaika ģenerēšana un dzesēšana (Farjana et al., 2018).

Jordānija pirmā saules enerģijas tvaika sistēma tika ierīkota 2015.gadā. Kolektoru sistēmu veidoja *Fresnela* tipa kolektori ar kopējo platību 396 m² un maksimālo jaudu 223 kWth. Saules kolektori tika izvietoti uz farmācijas kompānijas jumta nodrošinot tvaiku 160 °C, kas tika izmantots sterilizēšanas, žāvēšanas un raudzēšanas procesiem farmācijas ražotnē. Novērtēts, ka ražošanas procesos izmantojot saules enerģiju iespējams ietaupīt aptuveni 30% no dīzeļdegvielas gada patēriņa, kas iepriekš tika izmantots farmācijas procesiem (Farjana et al., 2018).

Tekstilizstrādājumu rūpniecība

Apzināts, ka attiecībā uz saules enerģijas izmantošanu tekstilizstrādājumu ražonas procesiem dominējošās valstis ir Grieķija, Ķīna un Indija (Tabula 2.12). Karstā ūdens nodrošināšanai tiek izmantoti plakanie plāksņu kolektori, lai sasniegtu maksimālo iespējamo temperatūru 100°C. Iegūtais siltums no saules enerģijas tika izmantots pirmējās sildīšanas, krāsošanas procesos un paša tekstila ražošanai (Farjana et al., 2018).

Ķīna

Sanduņas provincē, Jinhao tekstilrūpniecības industriālajā parkā karstā ūdens nodrošināšanai krāsošanas procesiem aptuveni 8583 m² platībā uz rūpnīcu jumtiem tika izvietoti stikla cauruļu tipa saules kolektori. Citā Ķīnas rūpnīcā novērtēts, ka aptuveni 7460 m² platībā uz jumtiem uzstādot stikla cauruļu tipa kolektorus, kas savienoti ar siltuma akumulācijas tvertni karstā ūdens padevei, iespējams samazināt CO₂ emisijas par 3100 tonnām un SO₂ emisijas par 350 tonnām. Aprēķināts, ka ieguldītās investīcijas iespējams

atpelnīt sešu gadu laikā, kā arī izmantojot ogļu vietā saules kolektorus tika ietaupīts 2080 tonnas akmeņogļu (Jia et al., 2018).

Tabula 2.12

Atjaunojamās enerģijas rūpnieciskās sistēmas (SHIP) tekstila industrijā

Valsts	Nosaukums	Industriālais process	Saules kolektors	Temperatūra, °C
ASV	Acme McCrary	Karstais ūdens tekstila žāvēšanas procesiem	Plakanais kolektors	
Griekija	Allegro S.A. Children's clothing manufacturer	Karstais ūdens mazgāšanas mašīnām	Plakanais kolektors	33–60
	Kastrinagiannis S.A.	Tiešā karstā ūdens piegāde krāsošanas mašīnām	Plakanais kolektors	40–90
Ķīna	Daly Textile	Ūdens uzsildīšana krāsošanas procesam	Plakanais kolektors	~55
	Jiangsu Printing & Dyeing	Solārā priekšsildīšana iespiešanai un krāsošana	Vakuuma cauruļu kolektors	~50
Vjetnama	Grammer Solar Vietnam	Tekstila apstrādes procesam	Gaisa kolektors (<i>air collector</i> – angļu val.)	
Spānija	Harlequin	Krāsošanai	Plakanais kolektors	
Vācija	Meiser Textile	Citam sildīšanas procesam	Paralēlais kolektors (<i>parallel trough collector</i> – angļu val.)	~140
Indija	Purple Creations	Bēnu apģērbu gludināšana – tvaika apstrāde un mazgāšana	Visāda veida kolektori	
	Sharman Shawls	Karstā ūdens nodrošināšana priekš krāsošanas, balināšanas un mazgāšanas	Plakanais kolektors	~100

Indija

Indijā tekstilrūpniecība veido 14% no kopējās rūpniecības sektorā saražotās produkcijas. Tekstilizstrādājumu ražošanai nepieciešamais siltums tiek nodrošināts izmantojot plakanos plākšņu kolektorus un cauruļu tipa kolektorus, kuru veiktspējas temperatūra ir zem 150 °C (Tabula 2.13) (Suresh & Rao, 2017).

Indijas pētījumos aprēķināts, ka tekstilrūpniecībā ieviešot saules kolektorus iespējams ietaupīt mazutu apmēram 439 kilotonnas, kā arī CO₂ emisijas samazināt gadā samazināt par aptuveni 1420 kt (0,06% no Indijas kopējām emisijām) (Suresh & Rao, 2017).

Piemēroti saules kolektori tekstila rūpniecībā

Process	Temperatūra, °C	Izmantotā degviela	Piemērotais Saules kolektora veids
Šķirošana	60–90	Elektrība, naftas produkti, ogles un citi	ETC
Mazgāšana	90–110		ETC
Balināšana	90–95		ETC
Apstrāde ar stipru sārma šķīdumu	60–70		EPC
Krāsošana	70–90		EPC
Apdare	40–100		ETC

Minerālu pārstrāde

Minerālu pārstrādes procesiem iespējams izmantot vidēju temperatūru tvaika ģenerēšanai, kas ir pārstrādes procesa nozīmīga sastāvdaļa un līdz ar to šajā procesā iespējams izmantot saules enerģijas sistēmas (Farjana et al., 2018).

Ķīmijas rūpniecība

Visizplatītākie procesi, kur tiek izmantota saules enerģija ir ūdens karsēšana, sildīšana ar tvaiku, tīrīšana un krāsošana kā enerģijas avotu izmantojot plakanos plākšņu kolektorus ar kuriem maksimāli iespējams sasniegt 130 °C temperatūru (Farjana et al., 2018).

Kīna

Ķīnas pētījumos apzināts, ka parabola tipa kolektori var tikt izmantoti metanola sadalīšanās procesos, nodrošinot reakcijas temperatūru 200–300 °C. Citos pētījumos novērtēts, ka saules siltumenerģiju kā enerģijas avotu iespējams izmantot, lai ķīmisko reakciju rezultātā rūpnieciski iegūtu ūdeņradi vai metanolu. Apzināts arī, ka caur saules kolektoriem iegūto tvaiku iespējams izmantot dabiskā kaučuka žāvēšanai izmantojot FPC un ETC tipa kolektorus, kuru darbības pamatprincipi jau iepriekš aprakstīti. Vispirms ārtelpas gaiss tiek uzsildīts līdz 70 °C izmantojot plakano plākšņu kolektorus un tālāk pielietojot cauruļu tipa saules kolektorus tiek iegūta temperatūra līdz 110 °C (Att. 2.18) (Jia, et al., 2018).

Metālapstrāde

Lielākoties Eiropas valstīs saules enerģija metālapstrādes nozarē tiek izmantota karstā ūdens ieguvei izmantošanai ražošanas procesos, kā arī žāvēšanas un tīrīšanas procesos. Novērtēts, ka maksimālā sasniedzamā temperatūra darbinot dažāda tipa saules kolektorus ir 180 °C (Farjana et al., 2018).

Kīna

Saules siltumenerģiju iespējams izmantot metāla virsmu apstrādes procesos, piemēram, galvanizācijas un metālu attīrīšanas procesos, kā arī metāla detaļu tīrīšanai. Apzināts, ka, piemēram, Juhuanas apgabalā, Dziedzjanas provincē esošajā elektrolītiskā pārklājuma rūpnīcā kā primārais enerģijas avots galvanizācijas procesu nodrošināšanai tiek izmantotas saules enerģijas iekārtas, kas pilnībā aizstāj ar ogleņiem kurināmās sildiekārtas. Aprēķināts, ka uzstādot ar saules siltumenerģiju darbināmas iekārtas CO₂, SO₂ un NO_x emisijas katru gadu samazinājās attiecīgi par 390 tonnām, 1400 tonnām, 45 tonnām un 22 tonnām (Jia et al., 2018).

Čīle

Iegūto saules siltumenerģiju iespējams izmantot arī dzesēšanas procesos. Čīlē izvietota viena no pasaulē lielākajām saules siltumenerģijas iekārtām rūpniecības procesu nodrošināšanai. Kalnrūpniecībā iegūtā vara attīrīšanai, kas ir viena no energoietilpīgākajām nozarēm. Čīlē 39,3000 m² platībā tika izvietoti plakano plāksņu kolektori (FPC), kas tika savienoti ar saules enerģijas uzkrājvertni ar tilpumu 4000 m³, kopējā iekārtu jauda – 27,5 MW. Saules siltumenerģijas iekārtas tika uzstādītas ar mērķi segt 85% no procesiem nepieciešamās enerģijas, lai valstij piederošajā kalnrūpniecības uzņēmumā nodrošinātu vara attīrīšanu (Farjana et al., 2018).

Tabakas ražošana

Kīna

Saules enerģijas iekārtas tabakas ražošanā galvenokārt iespējams izmantot tvaika ģenerēšanai, karstā ūdens nodrošināšanai, kā arī karstā gaisa uzglabāšanai tālākai izmantošanai tabakas ražošanas procesos. Novērtēts, ka katru dienu iespējams ietaupīt 0,83 tonnas tvaika (Jia et al., 2018). Saules siltumenerģiju tabakas ražošanā iespējams pielietot arī tabakas žāvēšanas procesos. Vienā no Ķīnas cigarešu ražotnēm 2,000 m² platībā uzstādīti stikla cauruļveida kolektori, lai nodrošinātu nepieciešamo karstumu tabakas žāvēšanas sistēmai. Iegūto siltumenerģiju bija iespējams arī uzglabāt izmantojot uzkrājvertni, kā arī papildus kā enerģijas avots tika izmantots siltumsūkņi, kas tika pielietoti saules enerģijas pārtraukumu gadījumos t.sk. nelabvēlīgos laikapstākļos. Aprēķināts, ka sistēma varētu ietaupīt apmēram 1,42 MWh enerģijas un 5,74 × 10² tonnas akmeņogļu, vienlaikus samazinot CO₂, SO₂ un NO_x izmešu daudzumu aptuveni 1,42 × 10³ tonnas, 11,5 tonnas un 8,6 tonnas katru gadu (Jia et al., 2018).

Luohe cigarešu fabrika Henanas provincē apvienoja saules enerģiju un gaisa siltumsūkņi, lai nodrošinātu nepieciešamos temperatūras apstākļus tabakas žāvēšanai. Aprēķināts, ka izmantotās sistēmas rezultātā CO₂ emisijas samazinājās par 450 tonnām, bet kopējais projekta atmaksāšanās laiks bija seši gadi. Aprēķināts, ka īstenojot projektu katru gadu tika ietaupīts 12 tonnas akmeņogļu.

Eļļas, dabasgāzes ekspluatācijas rūpniecība

Kīna

Ķīnā saules siltumenerģijas sistēmas tiek pielietotas jēlnaftas savākšanai un transportēšanai. Lai pagarinātu sildīšanas laiku un optimizētu sistēmas efektivitāti iegūtās siltumenerģijas uzkrāšanai tiek izmantotas akumulācijas tvertnes. Dienvidķīnas tehnoloģiju universitāte izstrādājusi saules enerģijas sistēmu - enerģijas taupīšanai un attiecīgo temperatūras apstākļu nodrošināšanai, kas nepieciešami jēlnaftas savākšanai un transportēšanai. Saules enerģijas iekārtu sistēma netieši karsē jēlnaftu caur siltummaiņu. Zemas temperatūras ūdens, kas iziet no siltummaiņa plūst atpakaļ uz ūdens uzkrāšanas tvertni un pēc tam tiek iesūknēts saules kolektoru blokos atkārtotai karsēšanai. Ja saules starojums nav pietiekams, papildu sadedzināšanas iekārta un kurtuve var sekundāri karsēt jēlnaftu. Aprēķināts, ka izmantojot minēto sistēmu iespējams ik dienu ietaupīt 30% (900-1200 m³) no dabasgāzes patēriņa, kas tiek izmantots naftas apstrādei. Sistēma ieviesta vienā no Ķīnas naftas ieguves rūpniecībām (Jia et al., 2018).

Citas nozares

Saules enerģijas siltumu papildus jau iepriekš minētajām nozarēm iespējams izmantot tādos rūpniecības jomās kā cementa ražošana, kalnrūpniecība, notekūdeņu attīrīšana, jūras ūdens atsāļošana, kā arī saldēšana un ledus ražošana (Jia et al., 2018).

Kīna

Vienā no Ķīnas cementa rūpniecībām, Jiangsu provincē, lai aizstātu sākotnējās sadedzināšanas iekārtas 129,6 m² platībā tika uzstādīti saules kolektori un gaisa avota siltumsūkņi. Veikto izmaiņu rezultātā novērtēts, ka ik gadu tika ietaupīts 210 tonnas akmeņogļu, CO₂ emisijas samazinājās par 558 tonnām, SO₂

emisijas - par 1,47 tonnām, NO_x emisijas par 0,76 tonnām un PM cieto izkļiedēto daļiņu emisijas - par 5,03 tonnām.

Notekūdeņu dūņu žāvēšana

Pētījumā novērtēts, ka izmantojot 8400 cauruļtipa kolektorus iegūto siltumenerģiju iespējams pielietot dūņu žāvēšanai.

Iegūto siltumenerģiju iespējams pielietot arī piesārņotu notekūdeņu attīrīšanā, izmantojot ķīmiskās oksidācijas notekūdeņu attīrīšanas sistēmu, kas tiek darbināta izmantojot saules siltumenerģiju un spēj veicināt grūti noārdāmo organisko vielu degradāciju, veicinot efektīvu notekūdeņu attīrīšanos, kā arī zemu enerģijas patēriņu (Jia et al., 2018).



Att. 2.18. Rūpniecības procesiem nepieciešamais temperatūras diapazons dažādās nozarēs

Attiecībā uz Ķīnu novērtēts, ka izmantojot saules enerģijas sistēmas rūpniecības procesos 2020. gadā kopumā rūpniecības sektorā būtu iespējams samazināt ogļu patēriņu vismaz 39,40 miljonu tonnu apmērā un CO₂ emisijas 98,22 miljonu tonnu apmērā. Aprēķināts, ka izmantojot saules kolektorus gada laikā iespējams ietaupīt 18,15 miljonus dolāru un sasniegt kopējo CO₂ samazinājumu aptuveni 76 kt (Jia et al., 2018).

2.2.2. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā

Novērtēts, ka Ķīna pēdējos gados aizvien vairāk ražošanas nozarēs sāk izmantojot vēja turbīnas (Edomah, 2019) Neskatoties uz to vēja enerģijas faktisko un potenciālo izmantošanu ietekmē tās periodiskais raksturs un vēja enerģijas pārtraukumi. Vēja enerģiju iespējams izmantot kombinētās sistēmās kopā ar citiem atjaunojamās enerģijas avotiem vai ar enerģijas uzkrāšanas sistēmām, tomēr salīdzinoši ar citiem atjaunojamās enerģijas resursiem ir mazāk pētījumi tieši par vēja enerģijas izmantošanas iespējām dažādās rūpniecības nozarēs.

Pētījumā novērtēta lauksaimniecības mēslošanas līdzekļu ražošana kā enerģijas avotu izmantojot atjaunojamās enerģijas resursus. Rezultāti parādīja, ka amonjaka ražošanā kā enerģijas avotu izmantojot vēja enerģiju, salīdzinoši ar tradicionālo ražošanas procesu, iespējams ievērojami samazināt fosilās enerģijas patēriņu un siltumnīcefekta gāzu emisiju daudzumu. Vispirms izmantojot ūdens elektrolīzes procesu tika iegūts ūdeņradis, pēc tam ūdeņradis un slāpekļis tika sajaukts izveidojot singāzi. Amonjaks un tā ūdeņraža prekursors papildus mēslošanas līdzekļa funkcijai var tikt izmantoti kā līdzeklis saules vai vēja enerģijas uzkrāšanai pārtraukumu gadījumos. Tas nākotnē ļautu attīstīt integrētas sistēmas, kurās tiek izmantots uzkrātais ūdeņradis un/vai amonjaks, lai ražotu elektrību, ja enerģijas ražošanas jauda ir neliela.

Citā veiktajā pētījumā Minesotas Universitātes pārvaldītajā Rietumu Centrālajā pētījumā un informācijas centrā izmēģinājuma iekārta ražoja amonjaku izmantojot vēja enerģiju kā enerģijas avotu, lai iegūtu tīru ūdeņradi, kas nepieciešams amonjaka ražošanas procesam.

Noskaidrots, ka laikā, kad ir zems elektroenerģijas pieprasījums, piemēram, nakts laikā vēja enerģiju iespējams izmantot ūdeņraža ieguvei tālākai amonjaka ražošanai un aprēķināts, ka tas nodrošina lielākus ieņēmumus nekā elektroenerģijas pārdošana (Tellaksen, 2015).

2.2.3. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā

Lai gan ģeotermālās enerģijas iespējas aizvien vairāk tiek izmantotas mājsaimniecībās, pakalpojumu sektorā, ražošanas sektorā faktiskā ģeotermālās enerģijas izmantošanas uzskatāma par salīdzinoši nelielu. Neskatoties uz to ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējām rūpniecības sektorā piemīt vairākas priekšrocības, piemēram, izmantojot ģeotermālās enerģijas avotus iespējams samazināt enerģijas izmaksas t.sk. lielu daļu no kopējām ražošanas izmaksām, kā arī nodrošināt enerģijas piegādi vienā vietā un veikt ražošanas procesus lielas slodzes apstākļos. Parasti siltumenerģijas nodrošināšanai tiek izmantota seklā ģeotermālā sistēma - slēgta cilpveida vai atvērta cilpveida ģeotermālās apmaiņas sistēma, kurā siltumenerģijas apmaiņai izmantotais dziļums zem zemes ir 100-200 metri.

Ģeotermālās enerģijas avotu (ar temperatūru <100 °C), kas savienots ar siltumsūkni sistēmā var izmantot ēku apkurei un dzesēšanai, virszemes enerģijas uzkrāšanai, karstā ūdens sagatavošanai, apledošanas un sniega kausēšanai, kā arī rūpniecisko procesu siltuma saglabāšanai un atkārtotai izmantošanai. Siltumsūkņi izmanto siltumu no apkārtējiem avotiem, un jo siltāks ir avots, jo augstāka ir tā efektivitāte.

Ģeotermālās siltumenerģijas ieguve. Ģeotermālais ūdens tiek izvadīts caur iztvaicētāju, kas silda sekundāro šķidrums - parasti organisku šķidrums ar zemu viršanas temperatūru. Iztvaicētājā iegūtais tvaiks pēc tā saspišanas tiek izmantots, lai darbinātu turbīnu. Pēc tam organiskais šķidrums tiek kondensēts un sūknēts atpakaļ iztvaicētājā. Novērtēts, ka vidējās entalpijas ģeotermālajai enerģijai ir liels potenciāls kā centrālās apkures un dzesēšanas avotam un paredzams, ka ģeotermālās enerģijas izmantošana nākotnē pieaugs.

Apzināts, ka ģeotermālās apmaiņas enerģija no rūpniecības jomām visvairāk šobrīd tiek izmantota lauksaimniecības nozarē un vīna darītavās. Eiropas mērogā atrodami vairāki piemēri slēgtas cilpveida ģeotermālās enerģijas izmantošanai atbilstošu temperatūras apstākļu nodrošināšanai siltumnīcās un vīna pagrabos. Zemas entalpijas ģeotermālā enerģija var tikt izmantota arī vīna ražošanas procesos, piemēram, vīnogu dzesēšanā un fermentācijas dzesēšanas procesos. Novērtēts, ka ģeotermālo enerģiju iespējams pielietot saldūdens ieguvē un ūdens atsāļošanas procesos. Apzināts, ka, lai nodrošinātu lielāku uzkrātās atjaunojamās enerģijas efektivitāti seklas (100-200 metru dziļumā) ģeotermālās enerģijas sistēmas tiek integrētas kombinētajās saules siltumenerģijas sistēmās, kas ir būtisks risinājums saules enerģijas pārtraukumu gadījumos (Focaccia et al., 2016).

2.2.4. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā

Hidroenerģijas resursu izmantošana enerģijas ieguvei veido gandrīz vienu piekto daļu pasaules elektroenerģijas un vairāk nekā 80% no pasaules atjaunojamās elektroenerģijas. Ja hidroenerģija kā viens

no atjaunojamās enerģijas avotiem tiek atbilstoši ieviesta kopējā sistēmā, tad hidroenerģijas priekšrocības saistāmas ar iespējām izmantošanai plūdu kontrolē, mājsaimniecību vajadzībām, rūpniecībā, kā arī apūdeņošanas sistēmas pārvaldībā.

Kīna

Novērtēts, ka Kīnā hidroenerģija ir svarīgākais atjaunojamās un tīrās enerģijas avots, kas veido 18,6% no kopējās enerģijas īpatsvara 2017. gadā (Hussain et al., 2019). Hidroenerģiju līdzīgi kā citus atjaunojamās enerģijas avotus, kas iepriekš apskatīti iespējams kombinēt ar citiem atjaunojamās enerģijas avotiem, piemēram, vēja enerģiju. Hidroenerģijas priekšrocības saistāmas ar tās elastību un spēju kompensēt vēja enerģiju tās mainības un pārtraukumu gadījumos (Wang et al., 2019).

Kīnā ir bagātīgi hidroenerģijas resursi ar lielu attīstības potenciālu un Jandzi upes baseins ir uzskatāms par galveno hidroenerģijas avotu. Līdz 2016. gada beigām pasaules uzstādītā hidroenerģijas jauda pārsniedza 1 miljardu kilovatu. Attīstītajās valstīs hidroenerģijas izmantošana vērtējama kā augsta sasniedzot vidēji 60% - 95%, savukārt jaunattīstības valstīs hidroenerģijas izmantošana vērtējama kā zema. Novērtēts, ka līdz 2016. gada beigām Kīnas hidroenerģijas uzstādītā jauda bija sasniegusi 330 miljonus kilovatus, kas veido 20% no kopējās uzstādītās jaudas. Neskatoties uz to paredzēts, ka līdz 2020. gadam Kīnas hidroenerģijas uzstādītā jauda sasniegs 380 miljonus kW (Penghao et al., 2019).

Hidroelektrostacijas sastāv no turbīnas un ģeneratora, savukārt galvenie darbības pamatprincipi balstās uz reaktīvo, impulsa vai hidrokinētisko turbīnu darbību (Sari et al., 2018). Hidroelektrostacijās saražotā elektroenerģija tiek izmantota apgaismojuma nodrošināšanai, transporta sektorā, ražošanā un lauksaimniecības produktivitātes celšanā (Sovacool et al., 2018).

Ekvadora

Ekvadoras pašreizējās ekonomikas attīstības stratēģijas ietvaros viena no galvenajām darbības jomām ir tādu stratēģiski energoietilpīgu nozaru attīstība kā naftas pārstrādes rūpniecība, naftas ķīmijas rūpniecība, alumīnija, vara un tērauda rūpniecība, kuru darbības procesu nodrošināšanai pastāvīgi nepieciešams izmantot hidroenerģijas resursus un liela mēroga hidroenerģijas infrastruktūru. Līdz ar to hidroenerģijas izmantošana Ekvadorā šobrīd uzskatāma par galveno risinājumu energoapgādes drošībai vienlaikus arī samazinot elektrības cenu un siltumnīcefekta gāzu emisijas un veidojot pamatu augstāk norādītās rūpniecības un ekonomikas attīstības stratēģijas īstenošanai (Carjaval et al., 2019).

2.2.5. Biomasas enerģijas izmantošanas iespējas rūpniecībā

Šobrīd aizvien vairāk Eiropas mērogā tiek pārskatīts rūpniecības enerģijas patēriņš un vērtētas biomasas izmantošanas iespējas. Tiek novērtētas pieejamās cietās biomasas izejvielu un enerģijas pārveidošanas alternatīvas, kā arī turpmākās biomasas izmantošanas iespējas vairākās rūpniecības nozarēs.

Rūpniecības procesiem nepieciešamā kombinētā elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošana galvenokārt balstīta uz tvaika cikliem. Pētījumos apzināts, ka izmantojot biomasu iespējams efektīvi sasniegt rūpniecības procesiem nepieciešamo temperatūras diapazonu.

Pamatojoties uz 2017. gada datiem aprēķināts, ka Eiropas Savienības 28 valstīs biomasas bija vienīgais atjaunojamās enerģijas avots ar vērā ņemamu enerģijas izmantošanas īpatsvaru - 93% no rūpniecības sektorā izmantotās atjaunojamās enerģijas bija cietā biomasas, 3% - sadzīves atkritumi un 2% - biogāze.

2.2.5.1. Cietā biomasā

Aprēķināts, ka 2017. gadā Eiropas Savienības rūpniecības sektorā cietās biomasas enerģijas gala patēriņš veidoja aptuveni 898 PJ. Tāpat arī novērtēts, ka no 28 Eiropas Savienības valstu rūpniecības nozarēm visvairāk cietās biomasas siltumenerģijas procesiem tika patērēta tajos sektoros, kur ražošanā veidojas biomasas atlikumi, piemēram, celulozes, papīra ražošana un poligrāfijā, kā arī kokapstrādes ražotnēs un kopumā šajos sektoros enerģijas ieguvei izmantotā biomasā veidoja ap 85% no kopējā rūpnieciskās biomasas enerģijas patēriņa. Balstoties uz 2017. gada datiem novērtēts, ka izmantojot cieto biomasu (izņemot kokogles) 3986 PJ tika saražota kā primārā enerģija, kas atbilda 12,5% no kopējās primārās enerģijas ražošanas īpatsvara un 69% no primārās enerģijas ražošanas īpatsvara izmantojot biomasu. 2017. gadā Īrija bija vienīgā valsts, kas rūpniecībā izmantoja vairāk nekā pusi no savas cietās biomasas (53%), bet Somijā, Zviedrijā, Slovēnijā un Portugālē šīs nozares īpatsvars pārsniedza 40%.

Cietu biomasu enerģijas ieguvei iespējams iegūt no organiskajiem atlikumiem, kas iegūti no mežiem un neapstrādātās zemes, enerģijas kultūrām, rūpniecībā radītajiem organiskajiem atkritumiem un atlikumiem, lauksaimniecībā un mežsaimniecībā radītajiem atkritumiem un izejvielu vai saražoto produktu organiskajiem atlikumiem, kā arī iespējams izmantot sadzīves atkritumus.

Cieto biomasu bez termiskās pārveides iespējams izmantot rūpniecībā, piemēram, koksnes šķeldu, koksnes mizas vai riekstu čaumalas), tomēr rūpniecības procesos biežāk tiek izmantota termiski pārveidotā biomasā - kokogles vai apdedzinātā biomasā. Viens no biomasas termiskās pārveides iemesliem ir augstāka izmantotās biomasas efektivitāte. Vairākās nozarēs, piemēram, dzelzs un tērauda rūpniecībā novērtēts, ka nav efektīvi izmantot iepriekš nepastrādātu biomasu, līdz ar to biomasā pirms tās izmantošanas tiek termiski apstrādāta, kas savukārt palielina enerģijas blīvumu.

2.2.5.2. Biomasas termiskā pārveide

Biomasas termokīmiskā pārveidošana ir visizplatītākā un novērtēta kā piemērota cietās biomasas pārvēršanai enerģijā. Siltuma un koģenerācijas procesos galvenokārt tiek izmantotas piecas termokīmiskās pārveides metode: sadedzināšana, gazifikācija, pirolīze, hidrotermiskā apstrāde un hidrolīze. Plašāk biomasas pārveidē izmantotās tehnoloģijas ir granulēšana, pirolīze, kas atkarībā no nepieciešamā gala produkta iedalās kā ātrā, lēnā un vieglā tipa pirolīze, kā arī biomasas pārveide izmantojot degšanas procesus. Izmantojot lēno pirolīzes procesu iespējams iegūt bioeļļas. Novērtēts, ka bioeļļu iespējams iegūt arī hidrotermāli pārstrādājot biomasu izmantojot mitras konsistences izejvielas, piemēram, graudu malšanas blakusproduktus. Lēna tipa pirolīzi parasti izmanto, lai iegūtu kokogles, kurām Eiropā nav nozīmīgas rūpnieciskas izmantošanas, savukārt vieglā tipa pirolīze tiek izmantota, lai iegūtu torificētu biomasu.

No termokīmiskās pārveides metodēm visplašāk tiek izmantotas sadegšanas metode un novērtēts, ka vairāk kā 90% no iegūtās bioenerģijas tiek iegūta izmantojot degšanas procesus. Attiecībā uz kokogļēm un dedzinātu biomasu termiskā apstrāde padara biomasu pēc īpašībām līdzīgāku ogļēm.

Cieto biomasu kā enerģijas avotu siltumenerģijas un procesiem nepieciešamo temperatūras režīma nodrošināšanai iespējams izmantot dažādās rūpniecības sektora nozarēs un zemāk par dažām no tām sniegts izvērsts raksturojums.

Papīra un celulozes ražošana

Novērtēts, ka 2017. gadā Eiropas Savienībā 28 ietilpstošo valstu rūpniecības sektorā celulozes, papīra un poligrāfijas rūpniecībā gala enerģijas patēriņš veidoja 1438 PJ, kas atbilst 13% no kopējā enerģijas gala patēriņa rūpniecības sektorā. Biomasas faktiskā izmantošana enerģijas ieguvei rūpniecības sektorā atkarīga no konkrētās valsts un ir diapazonā no 0%, piemēram, Itālijā līdz pat 89% Zviedrijā. Apzināts, ka celulozes, papīra un kartona ražošana patērē vairāk nekā 98% no enerģijas pieprasījuma šajā nozarē.

Eiropas mērogā celulozes un papīra ražošana nozarē jau šobrīd enerģijas ieguvei tiek izmantots ievērojams apjoms cietās biomasas, piemēram, biomasa tiek izmantota ķīmisko vielu atgūšanai un tvaika ražošanai procesu nodrošināšanai.

Kokapstrāde

Pēc 2017. gada datiem novērtēts, ka 28 Eiropas Savienības dalībvalstīs koksnes un koka izstrādājumu rūpniecības enerģijas gala patēriņš bija 371 PJ jeb 3% no kopējā gala enerģijas patēriņa rūpniecības sektorā. Gandrīz visās Eiropas savienības valstīs cietās biomasas īpatsvars rūpniecības sektora kopējā enerģijas gala patēriņā 2017. gadā bija vairāk nekā 30% un Beļģijā, Dānijā, Īrijā un Luksemburgā šī daļa pārsniedza 70%.

Koksnes un koka izstrādājumu ražošanā virkne darbībās nepieciešams izmantot liela apjoma enerģiju, piemēram, žāvēšanā, presēšanā un termiskajā apstrādē ar nepieciešamo temperatūru līdz 500° C. Kokapstrādes nozarē procesu rezultātā rodas ievērojams daudzums biomasas atlikumi, kas tiek izmantoti uzņēmuma iekšienē enerģijas ieguvei vai, piemēram, ražojot granulas (Malico et al., 2019).

Cementa ražošana

Aprēķināts, ka 12-15% no pasaules kopējās enerģijas, kas tiek patērēta rūpniecības sektorā patērē cementa apstrādes rūpniecība (CMI), un tā rada apmēram 7% no pasaules CO₂ izmešu apjoma.

Cementa ražošana galvenokārt sastāv no trīs pamatposmiem: izejvielu sagatavošanas, klinkera ražošanas un cementa sagatavošanas. Novērtēts, ka apmēram 40% CO₂ izmešu rodas ražošanas procesā izmantotās degvielas sadegšanas rezultātā, kur kā enerģijas avots tiek izmantoti neatjaunojamie resursi. Aprēķināts, ka 50% rodas, karsējot kaļķakmeni, lai iegūtu kaļķi, savukārt elektroenerģija un transports katrs veido 5%.

Novērtēts, ka tradicionālos fosilos enerģijas resursus, kas tiek izmantoti cementa ražošanas procesos ir iespējams aizstāt ar biomasu. Sadedzināšana krāsnī ir viens no galvenajiem cementa ražošanas procesiem, kur tiek izmantots fosilais kurināmais kura vietā iespējams izmantot biomasu vai biomasas atlikumus un samazināt fosilā kurināmā patēriņu. Augstā temperatūra cementa krāsnīs padara biomasas atlikumus par piemērotiem sadedzināšanai tālākas enerģijas ieguvei. Lai uzturētu stabilus sadegšanas procesa apstākļus un nemainīgu klinkera kvalitāti ieteicamais aizvietošanas koeficients ir vismaz 20%.

Koksne un citi lauksaimniecības un meža atlikumi ir visizplatītākais biomasas veids, ko izmanto sadedzināšanas procesiem vai gazifikācijai (Abriantoro et al., 2019).

Pārtikas un dzērienu rūpniecība

Novērtēts, ka pārtikas un dzērienu rūpniecības sektorā ražošanas procesiem nepieciešamās temperatūras ir zem 200 °C un 83% no procesiem nepieciešamās siltumenerģijas atrodas zem šīs temperatūras. Pašlaik pārtikas rūpniecības nozarē cietā biomasas veido tikai 3% no enerģijas īpatsvara.

Pārtikas rūpniecībā tiek radīts ievērojams daudzums bioloģiski noārdāmo atkritumu, kurus iespējams pārveidot turpmākas enerģijas ieguvei, tomēr vairumā gadījumu šīm izejvielām ir augsts mitruma saturs un tās nav piemērotas termokīmiskajiem pārveides procesiem. Šādos gadījumos tiek izmantota anaerobās sadalīšanas metode, kas tieši piemērota bioloģiski noārdāmu virtuves vai dārza atkritumu apstrādei.

Pārtikas nozarē tiek izmantotas arī izejvielas vai cietās biomasas atlikumi, kuri pēc zemā mitruma satura ir piemēroti degšanas procesiem, piemēram, rīsu sēnālas, olīvu kauliņi, riekstu čaumalas vai priežu čiekuri. Galvenās barjeras cietās biomasas enerģijas sistēmu ieviešanai pārtikas un dzērienu rūpniecībā ir augstās investīciju izmaksas.

Ķīmijas un naftas ķīmijas rūpniecība

Novērtēts, ka ķīmijas un naftas ķīmijas rūpniecība 2017.gadā Eiropas Savienībā bija nozare ar lielāko enerģijas gala patēriņu - 2206 PJ, kas veido 20% no kopējā gala enerģijas patēriņa rūpniecības sektorā.

Tērauda un dzelzs ražošanas nozare ir viena no jomām, kas ir būtiska CO₂ siltumnīcefekta gāzu emisiju radītāja un līdz ar to aizvien vairāk tiek meklēti alternatīvi risinājumi fosilā kurināmā aizstāšanai un fosilo emisiju samazināšanai.

Papildus tam, ka biomasas tiek izmantota biodeģvielas un elektroenerģijas ražošanā, biomasas izmantošanas iespējas aizvien vairāk tiek saistītas arī ar biomasas kā izejvielas izmantošanu ķīmiskajā rūpniecībā, jo tās var aizstāt tradicionālo fosilo kurināmo, piemēram, etiķskābes, etilēna, metanola, etanola vai acetona ražošanā.

Apzināts, ka pašlaik uz cukuru un cieti balstīta biomasas ir visizplatītākais veids, kā no biomasas iegūt ķīmiskas izejvielas. Pētījumos novērtēts, ka nākotnē būtu jāizmanto koksnes biomasas, lai aizstātu ievērojamos naftas ķīmijas produktu apjomus, kas mūsdienās tiek saražoti. Biomasas blakusproduktus arī iespējams izmantot tālākai enerģijas ieguvei siltumenerģijas un procesu temperatūras apstākļu atbilstoši nodrošināšanai.

Dzelzs un tērauda ražošana

Novērtēts, ka 2017. gadā Eiropas Savienības dalībvalstīs dzelzs un tērauda rūpniecībā galīgais enerģijas patēriņš bija 1166 PJ, kas atbilst 11% no kopējā gala enerģijas patēriņa rūpniecības sektorā. Dzelzs un tērauda nozarē dzelzs, tērauda un dzelzs sakausējumu ražošana ir visnozīmīgākais enerģijas patērētājs, kas veido 73% no nozares enerģijas pieprasījuma. Biomasas izmantošanas īpatsvars atkarīgs no konkrētās valsts interesēm, investīciju ieguldījumiem un biomasas potenciāla. Eiropas Savienības mērogā dzelzs un tērauda rūpniecības nozarē biomasas tiek izmantota tikai nelielos apjomos, savukārt Brazīlijā 34% no dzelzs un tērauda rūpniecībā izmantota kurināmā ir biomasas.

Pētījumos novērtēts, ka daļēja ogļu un koksas aizstāšana ar biomasu dzelzs ražošanas procesos ir viena no iespējām, kas ir ekonomiski un tehniski izdevīga īstermiņā un vidējā termiņā. Dzelzs ražošanai nepieciešama oglekli saturoša degviela un biomasas ir vienīgais atjaunojamais enerģijas avots, kas to var nodrošināt. Tāpat arī novērtēts, ka dzelzs un tērauda nozarē jāizmanto iepriekš termokīmiski apstrādāta biomasas (Malico et al., 2019).

Pētījumos apzināts, ka bio-ogles tiek izmantots kā oglekļa avots, lai palielinātu oglekļa saturu tēraudā (Mayyas et al., 2019)

2.2.5.3. Torificētas biomasas izmantošanas iespējas

Apzināts, ka biomasas pirmapstrāde var uzlabot tās konkurētspēju, piemēram, biomasas granulēšana komerciālam lietojumam, sniedz lielāku enerģijas blīvumu salīdzinot ar neapstrādātu biomasu. Rūpniecības sektorā kā enerģijas avotu iespējams izmantot torificētu biomasu, kuras pielietojumam ir pieaugošs potenciāls nākotnē. Novērtēts, ka pastāv daudzsoļas iespējas torificētas biomasas izmantošanai tādās jomās kā, piemēram, tērauda rūpniecība, kā arī celulozes un papīra ražošana.

Biomasas torificēšana pētījumos novērtēta kā daudzsoļas tehnoloģija kā rezultātā ievērojami tiek uzlabotas biomasas īpašības tālākai izmantošanai enerģijas ieguvei. Biomasas torificēšana raksturojama kā vieglās termiskās pirmapstrādes process, kurā tiek veikta biomasas karsēšana 200-300 °C temperatūrā skābekļa deficīta apstākļos ar procesam nepieciešamo laiku no 0,5 līdz 2 stundām (Att. 2.19) Biomasas dedzināšanas procesa parametri novērtēti kā līdzīgi tiem, kuri tiek izmantoti kafijas pupiņu grauздēšanā.

Procesa ietekme uz biomasu. Procesa ietekmi uz biomasu iespējams raksturot kā vieglā tipa pirolīzi. Palielinoties galīgai karsēšanas temperatūrai procesa laikā izdalās gaistošas vielas, kamēr hemiceluloze, lignīns un celuloze tiek noārdīta. Procesa rezultātā tiek iegūta cieta fāze, šķidra un nekondensējama gāze (Att. 2) Torificētas koksnes, izmantojot iepriekš minēto apstrādi, enerģijas saturs un enerģijas blīvums ir

līdzīgs oglēm un lielāks nekā koksnes granulām. Novērtēts, ka izmantojot minēto metodi, torificētai biomasai ir zemāks pelnu saturs un tā ir vides draudzīgāka salīdzinot ar fosilo kurināmo (Proskurina et al., 2017).



Att. 2.19. Biomasas termokīmiskā pārveidošana izmantojot torificēšanas procesu

Torificētas biomasas enerģijas izmantošanas iespējas dažādās rūpniecības nozarēs

Aprēķināts, ka torificētas biomasas izmantošanas īpatsvars Eiropas Savienības mērogā rūpniecības sektorā tuvākajos gados varētu veidot 5 līdz 10% no kopējā tālākai izmantošanai paredzētā biomasas apjoma. Ziemeļvalstīs, galvenokārt Zviedrijā un Somijā, celulozes un papīra nozare ir izvirzījusi mērķi samazināt CO₂ izmešus un biomasas pirmapstrādes tehnoloģija iegūstot torificētu biomasu novērtēta kā piemērots risinājums izvirzītā mērķa sasniegšanai.

Aprēķināts, ka Eiropā kopējais torificēšanai pieejamais biomasas atlikums ir aptuveni 4,2 EJ. Biomasas torificēšanas iekārtas tiek izmantotas vairākās Eiropas Savienības valstīs, piemēram, Nīderlandē, Zviedrijā, Francijā un Spānijā. Tāpat arī novērtēts, ka Amerikas Savienotās Valstis un Kanāda, kur atrodas plaša mēroga torificētās biomasas ražošanas iekārtas, tuvākajos gados varētu kļūt par vadošajām valstīm torificētas biomasas ražošanā. Misisipi atrodas Ziemeļamerikā lielākā torificētas biomasas ražotne.

Dzelzs un tērauda rūpniecība

Tērauda ražošanas un apstrādes procesu veikšanai nepieciešama augstas kvalitātes degviela, bet pārsvarā uz biomasu bāzētās degvielas neatbilst nepieciešamajiem kritērijiem attiecībā uz pelnu saturu un enerģijas blīvumu. Kā viens no iespējamiem risinājumiem varētu būt koksas ogļu aizstāšana ar torificētu koksnī. Pētījumi rāda, ka dzelzs un tērauda ražošanā ir iespējama pilnīga pulverizētu ogļu iesmidzināšanas aizstāšana tā vietā iesmidzinot torificētu biomasu proporcijā 150-200 kg/t karsēta metāla. Apzināts, ka, piemēram, Zviedrijas tērauda rūpniecībā, kas šobrīd ir valstī lielākais ogļu patērētājs, pulverizētas ogles viegli iespējams aizstāt ar torificētu biomasu.

Pētījumā tika novērtētas torificētas biomasas izmantošanas iespējas tērauda rūpniecībā Somijā, kur gadā tiek saražoti aptuveni 92 PJ tērauda. Rezultāti parādīja, ka pulverizētas ogles pilnībā iespējams aizstāt ar kokoglēm (Proskurina et al., 2017).

Papīra ražošana

Biomasas izmantošanai enerģijai ražošanā ir liela nozīme celulozes un papīra ražošanā. Vienam no Austrijas inženiertehniskajiem uzņēmumiem pieder divas torificētās biomasas ražošanas iekārtas Austrijā un Dānijā. Viens no Japānas lielākajiem celulozes un papīra ražošanas uzņēmumiem novērtējis torificētu granulū izmantošanas iespējas tālākas enerģijas ieguvei.

Stikla, keramikas, cementa rūpniecības sektors

Apzināts, ka cementa ražošana ir trešais lielākais enerģijas patērētājs rūpniecības sektorā un otrs lielākais CO₂ siltumnīcefekta gāzes emitētājs. Noskaidrots, ka visbiežāk torificēto biomasu iespējams

izmantot līdzdedzināšanā ar ogļēm - pulverizētās akmeņogļu sadedzināšanas iekārtās un cementa krāsnīs.

Torificēto biomasu iespējams pielietot arī keramikas un keramikas izstrādājumu ražošanā, piemēram, viens no Kanādas vadošajiem keramikas uzņēmumiem ziņojis par izciliem rezultātiem dedzinātas biomasas izmantošanai keramikas rūpniecībā. Cits Kanādas uzņēmums sākot ar 2015. gadu saražo 25 000 tonnu sadedzinātas biomasas gadā, lai aizstātu ogles Britu Kolumbijā esošajā cementa rūpnīcā.

Ķīmijas un naftas ķīmiskā rūpniecība

Pašlaik biomasas izmantošana ķīmiskajā un naftas ķīmijas rūpniecībā tiek intensīvi pētīta un aizvien vairāk attīstīta. Gazifikācijas procesa izmantošanai ķīmiskajā rūpniecībā nepieciešams ievērojams apjoms biomasas, kā arī plaša biomasas uzkrāšanas zona līdz ar to torificētas biomasas izmantošana novērtēta kā efektīvs risinājums.

Citas nozares

Pētījumos novērtēts, ka dedzinātas biomasas iekļaušana koksnes granulu ražošanas un izplatīšanas ķēdē varētu veicināt tīrāku un izmaksu ziņā lētāku biodegvielu.

Saskaņā ar pētījumos norādītajām prognozēm, ja turpmākajos gados ievērojami pieaugs un attīstīsies torificētās biomasas tirgus, tad torificētās koksnes granulas varēs konkurēt ar tradicionālajām koksnes granulām. Pētījumos veiktas iespējamo scenāriju aprēķinu prognozes un novērtēts, ka iespējamākā scenārija gadījumā pieprasījums pēc torificētas biomasas līdz 2030.gadam varētu sasniegt 8–10 miljonus tonnu (335–420 PJ) (Proskurina et al., 2017).

2.2.5.4. Biometāna izmantošanas iespējas rūpniecības sektorā

Zviedrijā dzelzs un tērauda rūpniecība (ISI) ir galvenais siltumnīcefekta gāzu emisiju avots un pamatojoties uz 2016.gada datiem aprēķināts, ka tā veido 35% no kopējām rūpniecības sektorā radītajām siltumnīcefekta gāzu emisijām un aptuveni 12% no kopējām fosilajām siltumnīcefekta gāzu emisijām. Emisijas tērauda un dzelzs rūpniecībā galvenokārt veidojas no ogļu un koksas izmantošanas dzelzsrūdas reducēšanas procesā, kā arī no šķidrā un gāzveida kurināmā izmantošanas siltumenerģijas nodrošināšanai. Pētījumā novērtēta dzelzs un tērauda rūpniecības procesos izmantotā fosilā gāzveida un šķidrā kurināmā aizstāšanas iespējas ar sašķidrinātu biometānu (LBG), kas gazifikācijas procesā iegūts kā izejvielas izmantojot meža atlikumus. Apzināts, ka, lai Zviedrijas dzelzs un tērauda rūpniecība (ISI) sasniegtu nulles siltumnīcefekta gāzu emisiju līmeni, tad atsevišķos ražošanas procesos siltumenerģijas ieguvei būtu nepieciešams izmantot biodegvielu līdzšinējā fosilā gāzveida un šķidrā kurināmā vietā (Ahlström et al., 2020).

Indonēzija

Viena no Indonēzijas valdības veicinātajām rūpniecības nozares attīstības stratēģijām ir rūpniecības klasteru veidošana jeb attiecīgo uzņēmumu vai korporāciju kopīgu sadarbības tīklu veidošana noteikta ģeogrāfiskā tīkla ietvaros. Apzināts, ka daži no Indonēzijas rūpniecības klāsteru pašreizējiem attīstības virzieniem parāda plašas iespējas atjaunojamās enerģijas izmantošanā. Viens no piemēriem ir Sei Mangkei, Ziemeļsumatrā, kur novērtēts, ka, piemēram, hidroenerģija, saules enerģija (PV paneļi) un biomasas varētu veidot konkurētspējīgas cenas salīdzinājumā ar neatjaunojamiem enerģijas avotiem. Ierosinātā rūpniecības klastera struktūra sastāv no pieciem elementiem: tehnoloģijas, patērētāju nozares, piegādātājiem, autovadītājiem un darbaspēka. Daži no veiksmīgajiem rūpniecības klasteru piemēriem ir ķīmisko vielu klasteris Zviedrijā un tekstilizstrādājumu klasteris Ķīnā (Hidayatno et al., 2019)

2.2.6. Rūpniecības uzņēmumu attieksme pret atjaunojamajiem energoresursiem

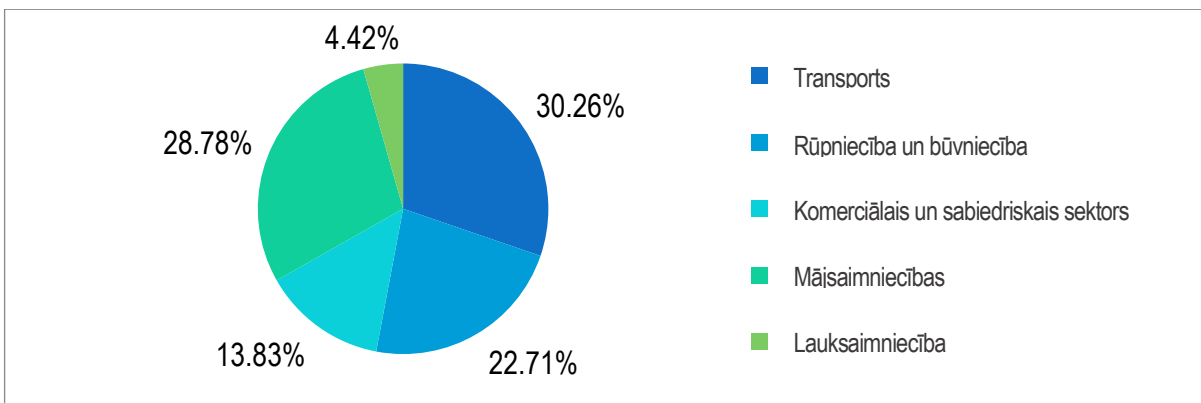
Šajā nodaļā veiktā maģistra darba ietvaros saistībā ar AER tehnoloģiju izmantošanu rūpniecības uzņēmumos ir analizēta rūpniecības uzņēmumu attieksme pret atjaunojamajiem energoresursiem, lai noskaidrotu to, cik rūpniecības uzņēmumi ir atvērti atjaunojamo energoresursu izmantošanai un kādas ir iespējas tos izmantot, uzstādot AER tehnoloģijas, kā arī investējot tajās.

2.2.7. Metodoloģija

2.2.7.1. Aptauja ražošanas uzņēmumiem

Salīdzinot ar citām ES valstīm, atjaunojamās enerģijas gala patēriņa īpatsvars Latvijā novērtēts kā samērā augsts (Eiropas Vides aģentūra, 2019). Tas galvenokārt ir saistīts ar uzstādīto hidroelektrostaciju jaudu un to, ka Latvijā vēsturiski kā kurināmais tiek izmantota biomasa (koksne) un tā ir plaši pieejama (Latvijā meži aizņem 52% no kopējās zemes platības (LSM. lv, 2019)).

Attiecībā par enerģijas patēriņa līmeni pa sektoriem, saskaņā ar Latvijas Centrālās statistikas pārvaldes datu bāzē pieejamajiem datiem rūpniecības un būvniecības nozare kopējā transporta un mājsaimniecības sektorā ieņem trešo vietu pēc kopējā enerģijas gala patēriņa. Kā redzams no Att. 2.20. procentuālā starpība starp nozarēm nav liela, tāpēc ir iespējams apgalvot, ka rūpniecības un būvniecības nozarei ir nozīmīga loma enerģijas bilancē.



Att. 2.20. Gala enerģijas patēriņš par nozarēm 2018. gadā (Central Statistical Bureau of Latvia, n.d.)

Ņemot vērā iepriekš minēto, nozīmīga loma atjaunojamās enerģijas īpatsvara izmaiņās ir arī rūpniecības un būvniecības nozarei. Maģistra darba mērķis ir veicināt atjaunojamo energoresursu izmantošanu ražošanas uzņēmumos, tāpēc viens no šī mērķa uzdevumiem bija veikt ražošanas uzņēmumu aptauju, lai iegūtu atbildes uz jautājumiem, kas saistīti ar atjaunojamo enerģiju kopumā, kā arī iegūtu nepieciešamo informāciju (vajadzības, potenciālie šķēršļi un uzņēmumu nostāja par atjaunojamās enerģijas jautājumu kā tādu) citu maģistra darbā izvirzīto uzdevumu veikšanai, piemēram, politikas ieteikumu izstrāde, lai palielinātu atjaunojamās enerģijas īpatsvaru ražošanas uzņēmumos.

Aptaujas mērķa grupa bija dažāda veida ražošanas uzņēmumi. Aptauja tika sagatavota, izmantojot tiešsaistes programmatūru "Typeform", un tika nosūtīta 2000 ražošanas uzņēmumiem. Pavisam tika saņemtas 146 atbildes. Aptaujas pamatā bija šādi jautājumi:

1) *Vai jūsu uzņēmumā tiek izmantotas atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas?*

Šī jautājuma mērķis bija iegūt vispārīgu informāciju par pašreizējo situāciju uzņēmumos. Uzņēmumiem, kas izmanto AER tehnoloģijas, jau ir zināma pieredze un savs skatījums uz atjaunojamās enerģijas avotiem, savukārt uzņēmumiem, kuriem šādas pieredzes nav, ir jābūt pieejamiem pareiziem stimuliem un piekļuvei visai informācijai, kas varētu veicināt uzņēmumu interesi saistībā ar pāreju uz AER tehnoloģijām.

2) *Lūdzu, norādiet, kurš no AER tiek izmantots?*

Ja uz pirmo jautājumu tiek atbildēts apstiprinoši, aptaujas dalībniekam tiek lūgts norādīt, kura no AER tehnoloģijām tiek izmantota konkrētajā uzņēmumā.

Balstoties uz atbilžu kopsavilkumu uz šo jautājumu tālāk tika izveidots saraksts ar galvenajām AER tehnoloģiju izvēlēm, kas var būt noderīgi, lai labāk saprastu, kuras AER tehnoloģijas tiek izmantotas vismazāk.

Ja ir vēlams palielināt vismazāk izmantoto tehnoloģiju izmantošanu, izvērtējot atbildes uz citiem aptaujas jautājumiem, var tikt izstrādāti atbilstoši priekšlikumi šo tehnoloģiju izmantošanas attīstībai.

3) *Kas, jūsuprāt, ierobežo AER izmantošanu?*

Atbildes uz šo jautājumu sniedz informāciju par galvenajiem šķēršļiem vai šķēršļiem, kas jāņem vērā izstrādājot atbilstošus ieteikumus.

4) *Kas, jūsuprāt, atvieglotu AER izmantošanu?*

Atbildes uz šo jautājumu norāda, kādus instrumentus aptaujas/palīdzību aptaujas dalībnieki sagaida un kas, viņuprāt, varētu radīt lielāku interesi saistībā ar pārējo uz AER tehnoloģijām.

Balstoties uz saņemtajām atbildēm var tikt sniegti attiecīgi ieteikumi un izstrādātas rekomendācijas, ieskaitot politiskos un finanšu instrumentus.

5) *Kurām trim AER tehnoloģijām, jūsuprāt, varētu būt vislielākais potenciāls jūsu uzņēmumā?*

Apkopojot atbildes uz konkrēto jautājumu, tika sastādīts atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju saraksts to prioritārā secībā atbilstoši to ieviešanas potenciālam (pēc uzņēmumu sniegtā viedokļa).

Apkopojot rezultātus, lai ņemtu vērā, vai tehnoloģija ir norādīta kā pirmā, otrā vai trešā prioritāte, tika piemēroti koeficienti, kas tika reizināti ar respondentu skaitu, kuri aptaujā norādīja konkrēto AER tehnoloģiju veidu atbilstoši attiecīgajai prioritātei.

Šis koeficients pirmajai prioritātei bija 3, otrajai prioritātei - 2 un trešajai prioritātei bija 1. Katras AER tehnoloģijas sastopamība tika aprēķināta, izmantojot vienādojumu (2.11):

$$R_{RES} = \frac{p_1*3+p_2*2+p_3*1}{\sum_{i=1}^n p_1*3+p_2*2+p_3*1} * 100, \quad (2.11)$$

kur

R_{RES} – specifiskas AER tehnoloģijas izplatība respondentu vidū, %;

p_1, p_2, p_3 – respondentu skaits, kuri norādīja AER tehnoloģiju saskaņā ar pirmo prioritāti (p_1), otro prioritāti (p_2) un trešo prioritāti (p_3);

n – kopējais AER tehnoloģiju skaits.

Katrs lēmums tika balstīts uz speciālu zināšanu bāzi, rezultātā iegūtā saraksta augšpusē esošās AER tehnoloģijas sniedz informāciju par to, ka uzņēmumiem tās ir pieņemamākas, jo tiek ņemts vērā to ieviešanas potenciāls. Iegūtā saraksta apakšā esošās AER tehnoloģijas nenožīmē, ka tām nav ieviešanas potenciāls - drīzāk šīs tehnoloģijas nav saistītas ar parastiem AER risinājumiem ierobežotas izplatīšanas un informācijas trūkuma dēļ, tāpēc uzņēmumiem tās ir mazāk pieņemamas.

6) *Kāds ir jūsu uzņēmuma aptuvenais elektroenerģijas patēriņš mēnesī?*

7) *Vai enerģijas patēriņš ir viena no trim galvenajām izmaksu pozīcijām jūsu uzņēmumā?*

Jautājumi 6. un 7. ir savstarpēji saistīti, un atbildes uz tiem norāda, vai uzņēmums apzinās enerģijas patēriņu savā uzņēmumā, kas ir svarīgi, lai noteiktu potenciālo ietaupījumu pirms lēmuma pieņemšanas. Lai samazinātu uzņēmuma izmaksas, viena no iespējām ir samazināt uzņēmuma enerģijas patēriņu, ko var panākt sasniedzot augstāku energoefektivitāti un otra iespēja ir samazināt iepirkto enerģiju, ieviešot vai palielinot uzņēmumu enerģijas pašpatēriņu, piemēram, ieviešot AER tehnoloģijas.

8) *Vai jūs interesētu šīs aptaujas rezultāti un uzzināt vairāk par AER tehnoloģijām?*

Šī jautājuma mērķis bija ne tikai nodrošināt atgriezenisko saikni starp aptaujā iesaistītajiem uzņēmumiem, bet arī noskaidrot, vai uzņēmumiem vispār ir interese par AER, jo izmaiņas var notikt tikai tad, ja uzņēmumi ir uzstādījuši tādu mērķi.

Pilnu aptauju skatīt Pielikumā Nr.1.

2.2.7.2. Atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīze

Balstoties uz literatūras apskatā izdarītajiem secinājumiem tālākai AER tehnoloģiju analīzei tika izmantota daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīze izmantojot AHP metodi.

Dauzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīze ietver mērķa definīciju, alternatīvu definīciju, kritēriju izvēli, kritēriju svara noteikšanu un alternatīvu novērtēšanu. Zemāk sniegts metodoloģijas apraksts atbilstoši darbību secībai. Analīzes galvenais mērķis bija pieņemt uz informāciju pamatotu lēmumu, proti - izlemt par pāreju uz konkrētu AER tehnoloģiju, ņemot vērā ilgtspējību kopumā, pretēji lēmumiem, kuru pamatā galvenokārt ir ekonomiskie, vides vai sociālie apsvērumi. Īsumā - mērķis bija izvēlēties labāko AER tehnoloģiju saskaņā ar ilgtspējīgas attīstības principiem.

Alternatīvas atspoguļo dažādas iespējas starp kurām lēmumu pieņēmējs var izdarīt konkrēto izvēli. Šajā gadījumā alternatīvas ir atšķirīgas AER tehnoloģijas: saules PV, saules siltuma kolektori, vēja turbīnas, ģeotermālā enerģija (siltumsūkņi) un biomasas sadedzināšanas tehnoloģijas.

Atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju novērtējums veikts atsevišķi AER tehnoloģijām, kas paredzētas elektroenerģijas ražošanai un kas paredzētas siltumenerģijas nodrošināšanai, jo šo abu enerģijas veidu tehnoloģijas nav savstarpēji salīdzināmas.

AHP (un citām MCDA metodēm) tika izmantoti četri galvenie kritēriji: tehniskie kritēriji, ekonomiskie kritēriji, vides kritēriji un sociālie kritēriji. Katram no galvenajiem kritērijiem tika izvēlēti atbilstoši apakškritēriji, kas precīzāk raksturo katra kritērija būtību. Nākamajās apakšnodalēs aprakstīti izvēlētie kritēriji un apakškritēriji, kā arī vērtības to salīdzināšanai, kas tika izmantotas AER tehnoloģiju novērtēšanai.

2.2.7.3. Tehniskie kritēriji

Uzticamība raksturo tehnoloģijas spēju strādāt nepārtraukti un neatkarīgi - bez neparedzētiem bojājumiem, pārtraukumiem un papildu uzraudzības. Tehnoloģijas uzticamība ir viens no visbiežāk izmantotajiem kritērijiem daudzkritēriju analīzē, un tas vienmēr ir bijis aktuāls jautājums enerģētikas nozarē (Wang et al., 2009).

Uzticamību ietekmē tādi faktori kā tehniskā aprīkojuma kvalitāte, nepieciešamā apkope, izmantotais enerģijas avota tips u.c. Uzticamību iespējams aprakstīt gan kvalitatīvi, gan kvantitatīvi. Kvantitatīvie ticamības rādītāji ietver, piemēram, jaudas koeficientu, kas izteikts kā faktiskās jaudas un teorētiskās jaudas attiecība noteiktā laika posmā, un pieejamības koeficienti, kas izteikti kā laiks, kurā tehnoloģija ir spējīga ražot enerģiju kopējā laikā attiecīgajā periodā (Trolborga, 2014).

Maģistra darbā ticamības raksturošanai tika izvēlēts kvantitatīvs rādītājs - jaudas koeficients. Ģeotermalajai enerģijai ir visaugstākais jaudas koeficients, jo to mazāk ietekmē ārējie faktori salīdzinājumā ar citiem AER (Gude, 2018). AER jaudas koeficienti parādīti Tabulā 2.14.

Tabula 2.14

AER tehnoloģiju tehniskie kritēriji

AER tehnoloģija	Jauda koeficients (ticamība, %) (Gude, 2018)	Tehnoloģiju gatavība (kvalitatīvais apakškritērijs)	Vietējā tehniska kompetence (kvalitatīvais apakškritērijs)
Ģeotermālā	95	4	3
Biomasa	80	4.5	5
Saules termālā	35	4	3
Vējš	30	5	3
Saules PV	20	4	4

Tehnoloģijas gatavība ir saistīta ar tehnoloģijas izplatību - jo gatavāka lietošanai būs tehnoloģija, jo tā būs plašāk izplatīta, tehnoloģiju izplatību var redzēt dažādos teritoriālajos līmeņos, piemēram, valsts līmenī. Tehnoloģijas gatavība raksturo to, cik moderna ir tehnoloģija, t.i., vai ir iespējams paaugstināt efektivitāti, vai tehnoloģiskais produktivitātes teorētiskais maksimālais līmenis jau ir sasniegts (Haddad et al., 2017). Skalu no 1 līdz 5 izmanto, lai raksturotu tehnoloģijas gatavību. Vērtība (sk. Tabulu 2.14) tiek piešķirta saskaņā ar šādām tehnoloģiskās gatavības pakāpēm (līdzīgi kā parādīts (Tsoutsos et al., 2009; Wang et al., 2009; Troldborg et al., 2014; Haddad et al., 2017.)): 1 - tehnoloģija tiek pārbaudīta un izpētīta laboratorijā; 2 - tehnoloģija tiek izmantota izmēģinājuma projektā demonstratīviem un eksperimentāliem mērķiem; 3 - tehnoloģija, kurai joprojām nepieciešami ievērojami uzlabojumi; 4 - komerciāli pieejama tehnoloģija ar stabilu vietu tirgū, kurai joprojām ir uzlabojumu potenciāls; 5 - komerciāli pieejama tehnoloģija ar stabilu vietu tirgū, kas jau ilgu laiku tiek praktiski izmantota, sākotnējie darbības traucējumi ir novērsti, un tā ir pēc iespējas tuvāk teorētiski iespējamajai efektivitātei.

Tehnoloģijas gatavība ir saistīta ar vietējām zināšanām, tomēr noteiktu faktoru (piemēram, resursu pieejamības) dēļ var rasties situācijas, kad par tehnoloģijām ar augstu gatavības pakāpi nav plašas vietējās zināšanas par tās izmantošanu, piemēram, Latvijā to varētu izmantot augstas temperatūras ģeotermālajām tehnoloģijām. Vietējā kompetence ir saistīta ar visu pieejamo informāciju un zināšanām par konkrēto tehnoloģiju saistībā ar tās ražošanu, uzstādīšanu, darbību un uzturēšanu. Attiecībā uz vietējām zināšanām par konkrēto tehnoloģiju tā tiek vērtēta vērtību skalā no 1 līdz 5, kur 1 nozīmē, ka tehnoloģija neatrodas konkrētajā apgabalā un attiecīgi nav uzkrāta pieredze tehnoloģijas izmantošanā un darbībā specifiskajos apstākļos, bet 5 - ka šī tehnoloģija ir plaši izplatīta un ir atbilstoša pieredze tās uzstādīšanā, regulēšanā un uzturēšanā.

2.2.7.4. Ekonomiskie kritēriji

Ekonomisko aspektu izvērtēšanai tika izvēlēti divi galvenie apakškritēriji - investīciju izmaksas un darbības, uzturēšanas izmaksas. Investīciju izmaksas sastāv no vairākām daļām (aprīkojuma izmaksas, uzstādīšanas izmaksas, citas sistēmas elementu izmaksas utt.). Lielākā daļa (~ 45%) no investīcijām saules siltumenerģijas sistēmā ir no pašiem kolektoriem, otra lielākā daļa (~ 25%) no ieguldījumiem paredzēta tehnoloģiju uzstādīšanai, ~ 20% no ieguldījumiem ir nepieciešami ar uzglabāšanu saistītā aprīkojuma iegādei un vēl 10% - citiem vispārējās sistēmas elementiem (GREBE, 2017).

Darbības un uzturēšanas izmaksas ir regulāras izmaksas, kas saistītas ar tehnoloģisko sistēmu uzturēšanu un optimālu to darbību. Tās var ietvert, piemēram, regulāru un plānotu apkopi, sistēmas remontu utt. Šīs izmaksas bieži tiek izteiktas procentos no kopējām ieguldījumu izmaksām. Iepriekš aprakstītajā saules kolektoru gadījumā ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksas bija ~ 0,9–1,8% no investīciju izmaksām (GREBE, 2017).

Tabula 2.15

AER tehnoloģiju ekonomiskie kritēriji (International Renewable Energy, 2018)

AER tehnoloģija	Investīciju izmaksas, eur/kW	Darbības un uzturēšanas izmaksas, eur/kW/gadā
Saules PV	1118	28
Biomasa (CHP)	3600	72
Vējš (sauszemes)	1383	18
Saules termālā	625	21.7
Siltumsūkņi (zemes)	1171	4.5
Biomasa (CHP)	3600	72
Biomasa (katls)	374	22

2.2.7.5. Vides kritēriji

Kā parādīts Tabulā 2.16, emisijas un zemes izmantošana ir daži no visbiežāk izmantotajiem kritērijiem, kas raksturo ietekmi uz vidi. Dzīves ciklā radītās emisijas ir izvēlētas kā apakškritērijs, lai salīdzinātu AER tehnoloģiju ietekmi uz vidi. Dzīves ciklā radītajās emisijās tiek ņemta vērā ietekme visos tehnoloģijas posmos, kas ir būtiski ilgtspējīgu lēmumu pieņemšanā. Šis apakškritērijs ir kvantitatīvs un izteikts kā CO₂ ekv/kWh. Darbā aplūkoto AER tehnoloģiju radīto emisiju vērtības parādītas Tabulā 2.16.

Tabula 2.16

AER tehnoloģiju vides kritēriji (Amponsah et al., 2014; Schlömer et al., 2014; Thornley et al., 2015; Trolborg et al., 2014)

AER tehnoloģijas elektroenerģijas ražošanai	Emisijas, CO ₂ eq/kWh	Zemes izmantošana, m ² /kW
Saules PV	41	150
Biomasa (CHP)	21.6	4000
Vējš (sauszemes)	11	200
AER tehnoloģijas siltumenerģijas ražošanai		
Saules termālā	21.6	40
Siltumsūkņi (zemes)	107	50
Biomasa (CHP)	25.2	4000
Biomasa	108	4000

Kā norādīts (Trolborg et al., 2014), zemes izmantošana dažādos avotos var būt ļoti atšķirīga, galvenokārt tāpēc, ka tiek ņemta vērā zemes izmantošana neatkarīgi no tā, vai tā ir teritorija, kas nepieciešama tehnoloģijas ieviešanai, vai arī tiek vērtēta ietekme uz zemes izmantošanu visā konkrētās tehnoloģijas dzīves ciklā. Pieejamās literatūras pārskatā tika konstatēta ierobežota informācija saistībā ar zemes izmantošanu visā tehnoloģiju dzīves ciklā, īpaši attiecībā uz siltumenerģijas tehnoloģijām. AER tehnoloģijas novērtēšanai izmantotās zemes izmantošanas vērtības ir parādītas Tabulā 2.16. Vērtības izteiktas kā m² uz uzstādītās jaudas kW. Vērtību ietekmē kurināmā/enerģijas veids, kas tiek izmantots tehnoloģijas darbībā, piemēram, biomasai kā kurināmajam ir visaugstākais zemes izmantojuma pieprasījums starp visiem - atjaunojamiem un neatjaunojamiem kurināmā veidiem (ESAO, 2018), un tādējādi pastāv ietekme uz zemes izmantošanu.

2.2.7.6. Sociālie kritēriji

Sociālā aspekta novērtēšanai tika izvēlēti divi apakškritēriji - pieņemamība un darba vietu radīšana. Darba vietu radīšana tika aprakstīta kvantitatīvi. Šis apakškritērijs parāda darba vietas, kas izveidotas katras AER tehnoloģijas dzīves cikla laikā pēc uzstādītās jaudas. Darba vietu radīšanai, visticamāk, būs netieša ietekme uz konkrēta uzņēmuma darbību, taču šis apakškritērijs ir svarīgs visas ekonomikas attīstībai kopumā.

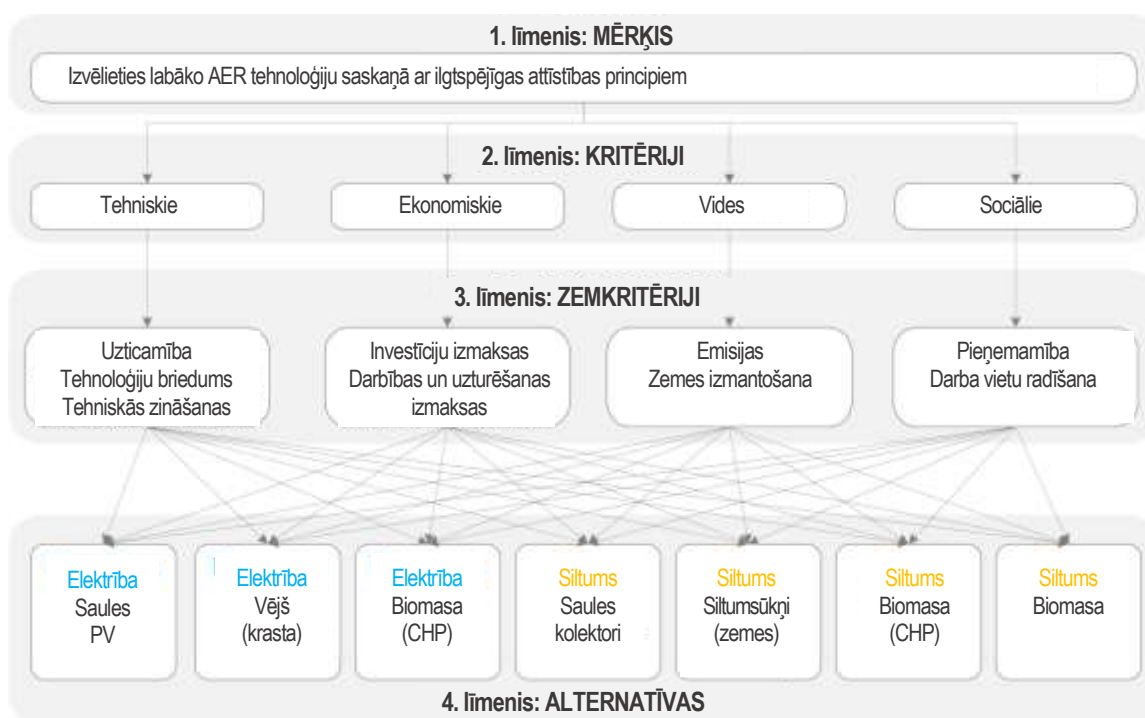
AER tehnoloģiju sociālie kritēriji

AER tehnoloģijas	Pieņemamība (kvalitatīvais apakškritērijs)	Darba vietu radīšana, darba vietas/MW (Ochs, 2015)
Saules PV	5	1.45
Vējš	3	0.54
Saules termālā	4	0.91
Ģeotermālā	2	2.00
Biomasa	4	1.53

Pieņemamība ir kvalitatīvais apakškritērijs, kas raksturo to, vai attiecīgā tehnoloģija ir apmierinoša lēmumu pieņēmējam vai sabiedrībai. Pieņemamību ietekmē gan zināšanas par tehnoloģijām, gan esošā pozitīvā vai negatīvā pieredze. Sabiedrības viedoklim var būt liela ietekme arī uz tehnoloģiju nozari. Dažādu mītu un aizspriedumu novēršana var uzlabot tehnoloģiju pieņemamību.

2.2.7.7. Hierarhijas ietvars

Pēc mērķa definēšanas, alternatīvu, kritēriju un apakškritēriju izvēles iespējams izveidot AHP hierarhijas ietvaru. (skat. Att. 2.21).



Att. 2.21. AHP hierarhijas struktūra

Pāru salīdzinājums un konsekvenču aprēķins

Pāru salīdzinājumam tika izmantota deviņu skaitļu vērtību skala, kā parādīts Maletič u.c. (2016) (sk. Tabulu 2.18). Deviņu skaitļu vērtību skalu sākotnēji ieteica Saaty (1977), un, kaut arī ir izstrādāti un novērtēti citi mērogi un attiecīgā deviņu skaitļu skala ir saņēmusi arī savu daļu kritikas, alternatīvas jeb piemērotākas vērtības skalas atrašana ir ārpus šā pētījuma.

Skala pāru salīdzinājumam (Maletič et al., 2016)

Skala	Definīcija
1	Vienlīdzīga nozīme
3	Vidēja nozīme salīdzinājumā ar citiem
5	Būtiska vai spēcīga nozīme
7	Ļoti spēcīga vai jau pierādīta nozīme
9	Ēkstrēma vai absolūta nozīme
2, 4, 6, 8	Starpvērtības starp diviem blakus esošiem spriedumiem

Pirmais solis bija pāru salīdzinājums. Katrs no elementiem (kritēriji, alternatīvas) tika salīdzināts ar visiem pārējiem elementiem. Vienādojums (2.12) norāda izveidojamās matricas izmērus, n ir kopējais salīdzināmo elementu skaits, un tas nozīmē, ka matricas izmēri ir $n \times n$ (Cabala, 2010):

$$[a_{ij}], \text{ kur } i, j = 1, 2 \dots n. \quad (2.12)$$

Vienādojumā (2.13) tiek parādīts, ka tie paši elementi, salīdzinot ar otru, netiek diferencēti pēc priekšrocību principa. Šā iemesla dēļ visas vērtības matricas diagonālē, kad elements tiek salīdzināts ar sevi, vienmēr ir vienādas ar 1. Salīdzinot elementus, vienmēr tiek pieņemts, ka i līnijas elements tiek salīdzināts ar elementu j kolonnā un a_{ij} parāda, cik liela i -tā elementa nozīme ir lielāka, vienāda vai mazāka salīdzinot ar j -tā elementa nozīmi, izmantojot skalu, kas parādīta Tabulā 2.14 (Cabala, 2010):

$$a_{ij} = 1 \text{ if } i = j. \quad (2.13)$$

Vienādojumā (2.14) parādīts, ka priekšrokas ir abpusējas, piemēram, ja $a_{ij} = x$, tad $a_{ji} = 1/x$. Tas nozīmē, ka noteikt nepieciešams tikai vērtības virs matricas diagonāles, jo zemāk esošās vērtības iespējams aprēķināt kā apgrieztās vērtības (Cabala, 2010):

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \text{ if } i \neq j. \quad (2.14)$$

Ņemot vērā iepriekš minēto, salīdzināšanas matricu aizpilda, sekojot noteiktajai kārtībai atbilstoši vienādojumam (2.15) (Klutho, 2013):

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}. \quad (2.15)$$

Lai noteiktu elementu rindas, nākamais solis bija pašvektora problēmas risināšana. Pašvektora problēmas risināšanai ir trīs metodes - Saaty metode, jaudas metode un ģeometriskā vidējā metode. Šajā gadījumā tika izvēlēta Saaty metode, ņemot vērā tās vienkāršību salīdzinājumā ar pārējām divām metodēm. Nākamais solis bija salīdzināšanas matricas normalizēšana ar normalizēto matricu $B = [b_{ij}]$, kur katrs b_{ij} tiek aprēķināts pamatojoties uz vienādojumu (2.16) – tika aprēķināta katras kolonnas summa, un vērtības attiecīgajā kolonnā tika dalītas ar to (Cabala, 2010):

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}. \quad (2.16)$$

Nākamais solis bija katras matricas rindas pašvektoru aprēķins izmantojot vienādojumu (2.17) - vērtības katrā rindā tika summētas un dalītas ar kritēriju skaitu. Pašvektori norāda elementu rangus (svaru) (Cabala, 2010):

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n b_{ij}}{n}. \quad (2.17)$$

Tālāk, lai svāra vērtības varētu izmantot turpmākam novērtējumam, bija jāaprēķina konsekvences indekss (CI) un konsekvences koeficients (CR). Konsekvences indeksu aprēķina izmantojot vienādojumu (2.18) un konsekvences koeficients tiek izteikts ar vienādojumu (2.20):

$$CI = \frac{l_{max} - n}{(n-1)}. \quad (2.18)$$

Vienādojumā (2.18) l_{max} atspoguļo maksimālo pašvektoru, ko aprēķina izmantojot vienādojumu (2.19). Vērtības no salīdzināšanas matricas A tika reizinātas ar svāriem, kas iegūti izmantojot vienādojumu (2.17). Iegūtās vērtības veido citu matricu, kurā vērtības tika summētas pa rindām. Katra rindas summa tika dalīta ar atbilstošo svaru. Visu šo vērtību vidējā vērtība ir vienāda ar l_{max} :

$$l_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Aw)_i}{w_i}, \quad (2.19)$$

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (2.20)$$

Vienādojumā RI apzīmē nejaušu indeksu, kas mainās atkarībā no n . Ja CR vērtība ir mazāka vai vienāda ar 0,1, to var uzskatīt par pieņemamu konsekvenci (Saaty, 1977). RI vērtības n vērtībām no 2 līdz 10 parādītas Tabulā 2.19.

Tabula 2.19

Nejaušas indeksu vērtības (Kolios et al., 2016)

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Maģistra darbā vispirms aprakstītā aprēķina procedūra tika piemērota galvenajiem kritērijiem - tehniskajiem, ekonomiskajiem, vides un sociālajiem kritērijiem, lai noteiktu to nozīmi piešķirot svaru attiecībā pret definēto mērķi. Līdzīgi, pāru salīdzinājums tika veikts apakškritērijiem attiecībā uz kritērijiem un pāru salīdzinājums visām alternatīvām attiecībā uz katru apakškritēriju.

Kvantitatīvo kritēriju pārveidošana pāru salīdzināšanas skalā

Kā jau iepriekš minēts, ar AHP metodi iespējams izmantot gan kvalitatīvos, gan kvantitatīvos datus. Lai kvantitatīvos datus pārveidotu AHP skalā, jāveic šādi soļi - soļa vērtības aprēķins h izmantojot vienādojumu (2.21), kur O_{max} un O_{min} parāda maksimālās un minimālās vērtības starp attiecīgā kritērija alternatīvām:

$$h = \frac{O_{max} - O_{min}}{9}. \quad (2.21)$$

Nākamais solis bija katras alternatīvas x ranga numuru R_N aprēķināšana, izmantojot vienādojumu (2.22). Aprēķinām ir divu veidu gadījumi: ja O_{min} ir labākā vērtība (piemēram, mazākais emisiju daudzums) un ja O_{max} ir vislabākā vērtība (piemēram, jaunu darba vietu radīšana). O_x apzīmē tās

alternatīvas vērtības, kurām aprēķināts RN. Minimālā RN vērtība ir 1, ja RN vērtība aprēķinā ir 0, tad to aizstāj ar vērtību 1.

$$RN_x = \begin{cases} \text{veselā skaitļa vērtība no } \left(9 - \frac{O_x - O_{min}}{h}\right), \text{ ja } O_{min} \text{ ir labākā vērtība} \\ \text{veselā skaitļa vērtība no } \left(\frac{O_x - O_{min}}{h}\right), \text{ ja } O_{max} \text{ ir labākā vērtība} \end{cases} \quad (2.22)$$

Pēdējais kvantitatīvo datu pārveidošanas solis bija vērtības vērtēšana, SV definīcija izmantojot vienādojumu (2.23), kur RN katra alternatīvu pāra vērtības x_1 ; x_2 tiek izmantotas:

$$SV_{x_1;x_2} = \begin{cases} 1/(RN_{x_2} - RN_{x_1} + 1), \text{ if } RN_{x_1} - RN_{x_2} < 0 \\ RN_{x_1} - RN_{x_2} + 1, \text{ if } RN_{x_1} - RN_{x_2} \geq 0 \end{cases} \quad (2.23)$$

Rezultātā tika iegūta salīdzināšanas matrica ar salīdzinājumiem starp alternatīvām attiecībā uz konkrētiem kritērijiem vai apakškritērijiem (atkarībā no konkrētās hierarhijas struktūras).

Lai iegūtu galīgo rezultātu, kas atspoguļo alternatīvu ranžēšanu, galveno kritēriju svāri (2. līmenis (skat. Att. 2.21)) tika reizināti ar apakškritēriju vietējiem svāriem (3. līmenis (skat. Att. 2.21)). Reizināšanas rezultātā tika iegūti vispārējie svāri, kas parāda, cik nozīmīgu ietekmi uz gala rezultātu iegūst katrs no apakškritērijiem. Kad visu alternatīvu novērtēšana saskaņā ar katru apakškritēriju bija pabeigta, iegūto alternatīvu vietējie svāri tika reizināti ar apakškritēriju kopējo svaru. Apkopojot iegūtās vērtības no reizināšanas, tika iegūts vēlmais gala rezultāts, kas atspoguļoja alternatīvu ranžēšanu.

2.2.8. Politikas ieteikumi

Politikas ieteikumu izstrāde galvenokārt tika veikta, sadalot priekšlikumus trīs grupās: 1) priekšlikumi izmaiņām spēkā esošajos tiesību aktos, 2) informatīvie pasākumi, kuru mērķis ir palielināt izpratni un izpratni par dažādiem AER tehnoloģiju aspektiem, 3) priekšlikumi dažādiem finanšu atbalsta instrumentiem. Galvenie trūkumi risinājumiem, kuriem izstrādāti politikas ieteikumi uzsvērti tiesiskā regulējuma pārskatīšanas laikā, bet jo īpaši pēc veiktajām uzņēmumu aptaujām.

Ņemot vērā, ka Eiropas savienības ietvars to dalībvalstīm ir devis nozīmīgu lomu, rādot labu piemēru gan atjaunojamās enerģijas, gan energoefektivitātes jomā, tika izteikti priekšlikumi arī šajā virzienā. Pēc politikas ieteikumu izstrādes tiem tika noteikta prioritāte, ņemot vērā dažādus aspektus, balstoties uz ekonomiskajiem aspektiem, īstenošanas potenciālu, ietekmi uz šķēršļu novēršanu. Ieteikumu prioritāšu noteikšana tika veikta vienkāršotā veidā, novērtējot Tabulā 2.20. apkopotos apgalvojumus.

Tabula 2.20

Politikas ieteikumu prioritizācijas apgalvojumi

Aspekts	Punkti	Apgalvojums
Finansējums	0	Nav piemērojams/nevar novērtēt
	1	Nepieciešams papildu valsts finansējums
	2	Var realizēt esošo valsts budžeta līdzekļu ietvaros
Pasākumam būs ietekme uz galvenajām uzņēmumu norādītajām barjerām	0	Nav piemērojams/nevar novērtēt
	1	Iespējams pārvarēt esošās infrastruktūras ierobežojumus
	2	Samazināts atmaksas periods
	3	Veicina ieguldījumus AER tehnoloģijās
	0	Nav piemērojams/nevar novērtēt

Aspekts	Punkti	Apģalvojums
Pasākums ir saskaņā ar stimuliem, ko uzņēmumi uzskata par nepieciešamiem	1	Tiesību aktu uzlabošana /tarifu palielināšana
	2	Enerģētiskā neatkarība/nodokļu atlaide
	3	Labāka tehnoloģiju izpratne
	4	Dotācija/subsīdija
Laiks un sekas/iedarbība, ko rada pasākuma ieviešana	0	Nav piemērojams/nevar novērtēt
	1	Ļgtermiņa pasākums bez tūlītējas ietekmes
	2	Vidēja termiņa pasākums ar iedarbību saprātīgā termiņā
	3	Īstermiņa pasākums ar tūlītēju efektu

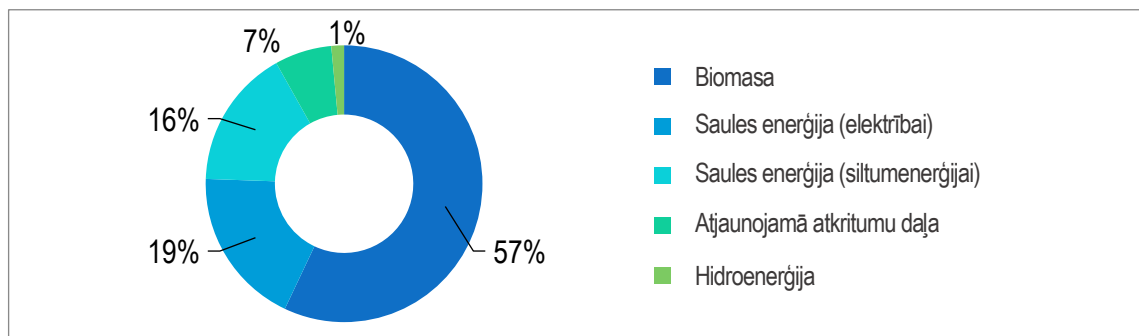
Pēc ieteikumu novērtēšanas, summējot iegūtos punktus, ieteikumi tika sadalīti šādās prioritārajās grupās: 1) augstas prioritātes pasākumi ar 9–12 punktiem; 2) vidējas prioritātes pasākumi ar 5–8 punktiem; 3) Zemas prioritātes pasākumi ar 0–4 punktiem.

2.2.9. Rezultāti un diskusija

Nākamajās divās apakšnodaļās tiek aprakstīti uzņēmumu aptauju rezultāti un daudzkritēriju analīzes rezultāti. Trešajā apakšnodaļā sniegti rezultāti, kas iegūti, izstrādājot politikas ieteikumus.

2.2.9.1. Ražošanas uzņēmumu aptauju rezultāti

Aptaujas rezultāti no 146 uzņēmumiem tika apkopoti un analizēti tikai apkopotā veidā. Izmantojot aptaujas tika novērtēts, ka 42% no respondentiem jau izmanto atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas savos uzņēmumos, savukārt lielākā daļa jeb 58% tās neizmanto. Att. 2.22 parādīts atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju procentuālais sadalījums pēc respondentu atbildēm.

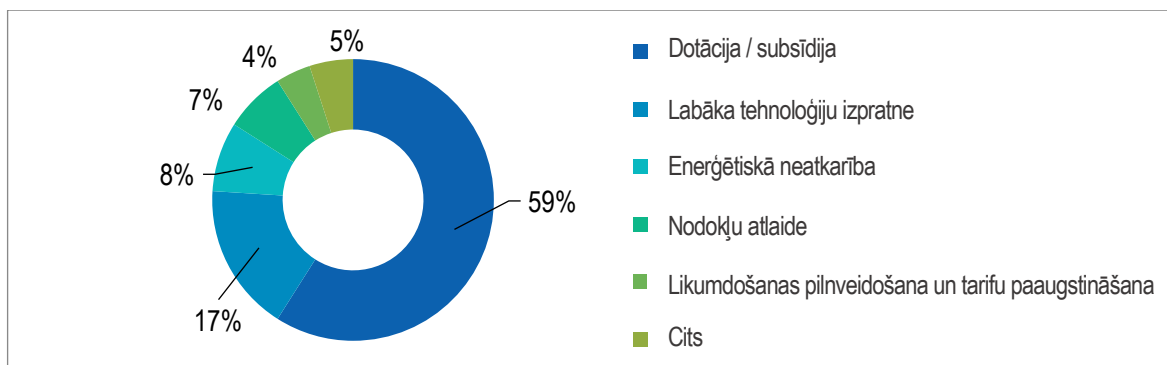


Att. 2.22. AER lietojums uzņēmumos balstoties uz respondentu atbildēm

Rezultāti rāda, ka vairums uzņēmumu izmanto tehnoloģijas, kur kā enerģijas avots ir biomasa, ko atbaisno arī iepriekš minētais par plašo biomasas pieejamību Latvijā un tādējādi tās vēsturiski plašo izmantošanu. Novērtēts, ka arī saules enerģija uzņēmumos ir samērā izplatīts enerģijas avots.

33% respondentu kā galvenos atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju plašākas izmantošanas ierobežojumus minēja citas investīciju prioritātes, 26% respondentu - ilgu tehnoloģiju atmaksāšanās periodus, kas galvenokārt attiecas uz izmaksām, un 20% respondentu - esošās infrastruktūras ierobežojumus, kas saistīti ar tehniskajiem un ekonomiskajiem aspektiem.

Att. 2.23 parādīts iespējamo stimulu un instrumentu procentuālais sadalījums atbilstoši respondentu atbildēm, kas, viņuprāt, varētu veicināt AER tehnoloģiju izmantošanu uzņēmumos.

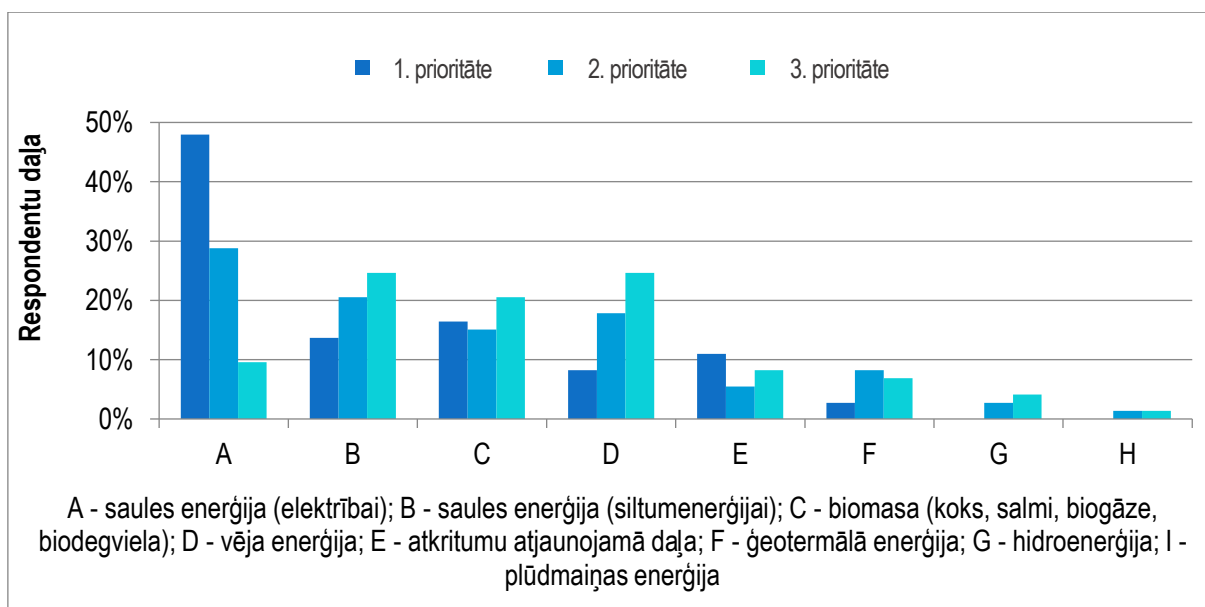


Att. 2.23. Stimuli AER izmantošanas veicināšanai aptaujāto uzņēmumu skatījumā

Rezultāts, kurā dotācijas/subsīdijas atrodas pirmajā vietā starp stimuliem, nav pārsteidzošs, ņemot vērā, ka ar finansēm saistīti jautājumi uzņēmumos ir viens no vissvarīgākajiem jautājumiem. Dotāciju/subsīdiju pieejamība var, piemēram, samazināt AER tehnoloģiju atmaksas periodu, padarot AER tehnoloģiju ieviešanu pievilcīgāku uzņēmumiem.

Aptauju rezultāti rāda, ka papildus dotāciju/subsīdiju pieejamībai otrs biežāk norādītais stimuls, lai palielinātu AER tehnoloģiju izmantošanu bija labākas izpratnes veidošana par tehnoloģijām. Tas nozīmē, ka jācenšās padarīt informāciju par AER tehnoloģijām plašāk pieejamu pēc iespējas lielākam skaitam uzņēmumu, piemēram, organizējot apmācības, seminārus, daloties ar labāko praksi, nodrošinot personalizētas konsultācijas utt.

Aptaujas 5. jautājumā uzņēmumiem tika lūgts prioritārā secībā norādīt, kurām trim AER tehnoloģijām viņi redz vislielāko potenciālu savā uzņēmumā. Att. 2.24. parādīts AER tehnoloģiju sadalījums pa prioritātēm uzņēmumos.



Att. 2.24. AER tehnoloģiju sadalījums pēc prioritātēm no kopējām respondentu atbildēm

Kā redzams Att. 2.24, saules enerģijai elektroenerģijas ražošanai ir ievērojams pārsvars, norādot to kā pirmo prioritāti - gandrīz puse (48%) respondentu ir norādījuši šo AER tehnoloģiju kā savu pirmo prioritāti. Pēc respondentu atbildēm biomasas ar 16% un saules enerģija siltuma ražošanai ar 14% bija

nākamās izvēlētas AER tehnoloģijas ar vīsaugstāko prioritāti. Norādot otro un trešo prioritāti, sadalījums starp AER tehnoloģijām bija vienmērīgāks.

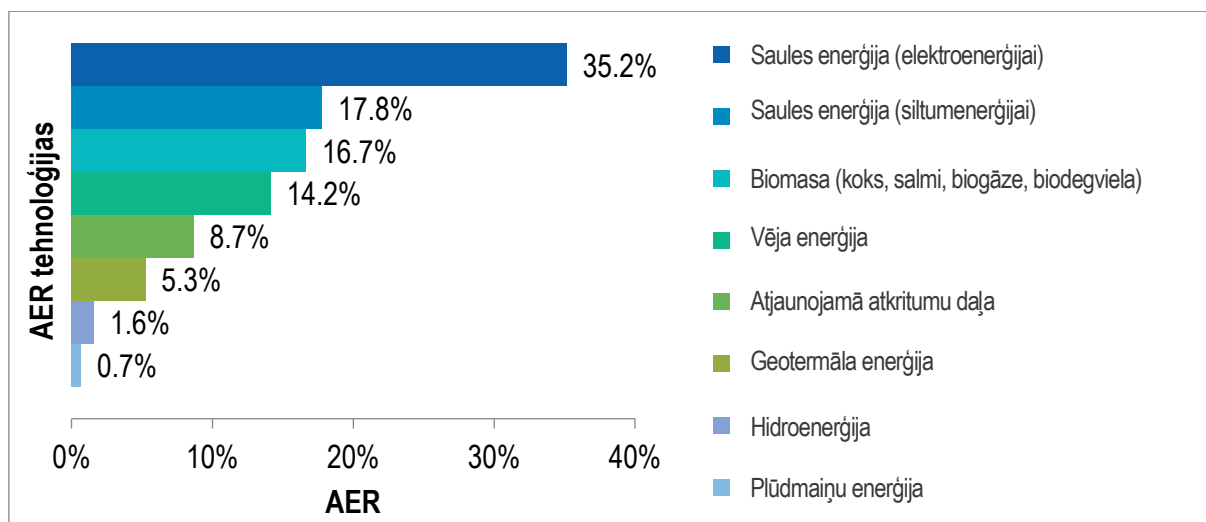
Saskaņā ar otro prioritāti saules enerģija elektroenerģijas ražošanai bija visvairāk norādītā tehnoloģija (29%), attiecīgi otrajā un trešajā vietā atstājot saules enerģiju siltuma ražošanai (21%) un vēja enerģiju (18%). Ņemot vērā vienmērīgāku sadalījumu, norādot otro prioritāti, četras AER tehnoloģijas atradās augšgalā (ar vismaz 10% respondentu atbildēm), ierindojot biomasas tehnoloģijas ceturtajā vietā ar 15%.

Attiecībā uz trešo prioritāti sadalījums bija atšķirīgs, vispirms tika vērtētas divas tehnoloģijas - vēja enerģija un saules enerģija siltumenerģijai - ar 25% respondentu atbildēm, trešajā vietā atstājot biomasu (21%) un saules enerģiju elektroenerģijas ražošanai (10%).

Ņemot vērā prioritātes, apkopotie rezultāti tika aprēķināti, izmantojot vienādojumu (2.11), kas parādīja, ka saskaņā ar respondentu atbildēm trīs AER tehnoloģijas, kurām uzņēmumi redz vīsaugstāko potenciālu ir:

- 1) Saules enerģija elektroenerģijas ražošanai;
- 2) Saules enerģija siltumenerģijas ražošanai;
- 3) Biomasas.

Pēc autora domām, rezultāts, ka šīs trīs tehnoloģijas uzņēmumos tika norādītas kā tehnoloģijas, kurām ir vīslielākais potenciāls, var tikt tieši saistīts ar "labāku tehnoloģiju izpratni". Šīs trīs tehnoloģijas jau ir vīspīslāk izmantotās (zināmās) aptaujāto uzņēmumu vidū, un to izmantošanā ir iegūta zināma pieredze. Šā iemesla dēļ iespējams, ka priekšroka netika dota vīsatbilstošākajai AER tehnoloģijai, bet gan tehnoloģijai, par kuru uzņēmumam ir pietiekams informācijas daudzums, lai izdarītu izvēli. Att. 2.25 parādīts vīsu AER tehnoloģiju rangs, atbilstoši aptaujas 5. jautājumā norādītajam.



Att. 2.25. AER tehnoloģiju rangs pēc uzņēmumu aptaujas rezultātiem

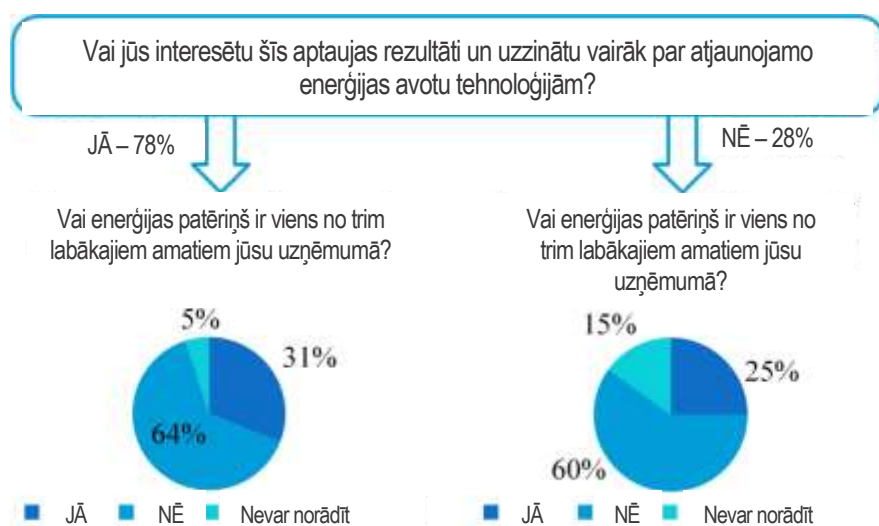
Aptaujas 6. jautājuma kopsavilkums rāda, ka 22% no respondentiem nevarēja norādīt savu elektroenerģijas patēriņu daudzuma vai izmaksu izteiksmē, turpretī lielākā daļa respondentu varēja norādīt gan patēriņu, gan izmaksas vai vīsmaz vīnu no tām. Saskaņā ar aptaujā iegūtajiem datiem vidējais aptaujāto uzņēmumu elektroenerģijas patēriņš bija 312 MWh mēnesī, bet vidējais rēķins par elektrību - 16 075 Eur mēnesī. Neskatoties uz to, tikai 29% respondentu norādīja, ka enerģijas patēriņš ir vīna no trim galvenajām izmaksu pozīcijām vīnu uzņēmumā, savukārt 63% respondentu izmaksas par patērēto enerģiju neietīlpa trīs galvenajās izmaksu pozīcijās, un 8% respondentu nevarēja norādīt skaidru informāciju. Neskatoties uz to, ka lielai daļai no aptaujātajiem uzņēmumiem izmaksas par enerģiju neveidoja galvenās izmaksu pozīcijas, tas nenozīmē, ka šo uzņēmumu izmaksas par enerģiju nav

augstas, jo jebkurš uzņēmums, kas seko savām finanšu plūsmām, vienmēr būs ieinteresēts samazināt izmaksas, neatkarīgi no izmaksām par noteiktām pozīcijām.

Aptaujas beigās uzņēmumiem tika piedāvāts saņemt aptaujas rezultātus un norādīt, vai tie būtu ieinteresēti iegūt papildu informāciju saistībā ar AER tehnoloģijām. Lielākā daļa respondentu (72%) atbildēja apstiprinoši, savukārt salīdzinoši liela daļa (28%) atbildēja noraidoši.

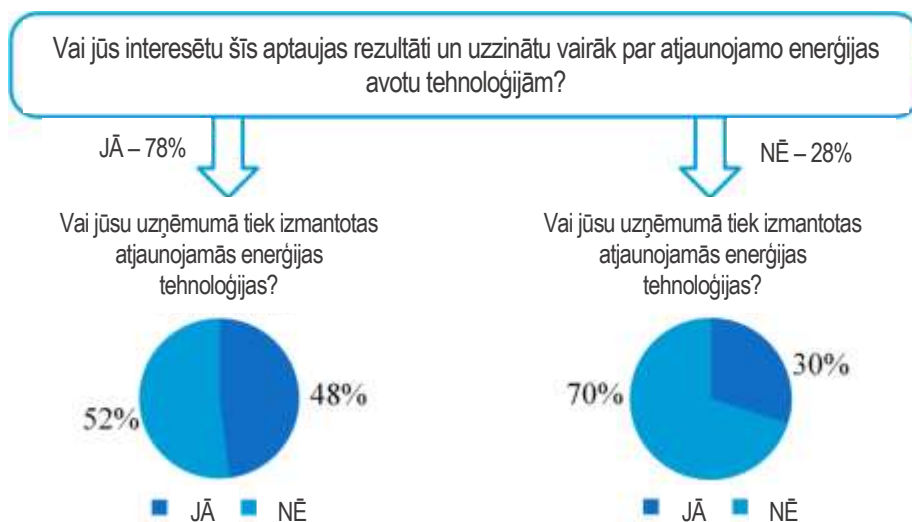
Tālāk Maģistra darbā tika pētītas saiknes starp pēdējo aptaujas jautājumu un atbildēm uz citiem aptaujas jautājumiem. Att. 2.26 un Att. 2.27 redzami divi kritiski aspekti - Att. 2.26 parādīts, ka 25% no respondentiem, kuri atbildēja noraidoši, konkrētajos uzņēmumos izmaksas par enerģiju vērtējamas kā augstas, tomēr šie uzņēmumi nav ieinteresēti saņemt papildu informāciju par AER, kas viņiem varētu būt noderīga.

Tāpat liela daļa uzņēmumu, kuri atbildēja noliedzīgi, nevarēja sniegt informāciju par enerģijas patēriņu, kas arī var attaisnot viņu intereses trūkumu uzzināt vairāk par AER tehnoloģijām. Svarīgi koncentrēties uz ieinteresētajiem uzņēmumiem, bet vēl svarīgāk ir sadarboties ar uzņēmumiem, kuriem nav intereses par AER tehnoloģiju ieviešanu - izprast iemeslus un rast risinājumus esošo šķēršļu novēršanai, attieksmes un izturēšanās maiņai. Līdz ar to būtu jāizveido piemēroti instrumenti un atbilstoša politika, lai veicinātu uzņēmumu konkurētspēju un ilgtspējīgas ekonomikas attīstību kopumā.



Att. 2.26. Saikne starp respondentu atbildēm uz aptaujas jautājumiem Nr. 7 un 8

Att. 2.26 parādīts, ka vairums uzņēmumu, kuri atbildēja noraidoši, savā uzņēmumā neizmanto AER tehnoloģijas. Savukārt, vairākums respondentu izteica interesi, un pozitīvi, ka starp tiem ir ne tikai uzņēmumi, kas neizmanto AER tehnoloģijas, bet arī tie, kuri jau ir ieviesuši šādas tehnoloģijas uzņēmumu darbībā.



Att. 2.27. Saikne starp respondentu atbildēm uz aptaujas jautājumiem Nr. 1. un 8

Vēl viens interesants aspekts aptaujas rezultātu analīzē parādīja, ka respondentiem, kuri atbildēja, ka nevēlas saņemt aptaujas rezultātus, vidējais enerģijas patēriņš bija 454 MWh mēnesī, bet vidējās izmaksas par elektroenerģiju - 26 727 Eur mēnesī.

Respondentiem, kuri atbildēja, ka vēlas saņemt aptaujas rezultātus, vidējais enerģijas patēriņš bija 280 MWh mēnesī, bet vidējās izmaksas par elektroenerģiju - 14 232 Eur mēnesī.

Respondenti, kuri atbildēja, ka nevēlas saņemt aptaujas rezultātus, kā galveno iemeslu, kas ierobežo atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanu, norādīja citas investīciju prioritātes (30% respondentu), kam sekoja ilgs atmaksāšanās periods (27%), esošie infrastruktūras ierobežojumi (14%), neuzticēšanās tehnoloģijai (14%), tiesību aktu trūkumi (10%) un citi iemesli vai vispār netika sniegta atbilde uz jautājumu (5%).

2.2.9.2. Analītiskās hierarhijas procesa rezultāti

AHP rezultāti parādīti trīs galvenajās daļās, kur pirmajā daļā ir apkopoti svāri, kas iegūti no četriem kritērijiem un deviņiem apakškritērijiem, bet otrajā un trešajā daļā - AER tehnoloģiju novērtēšanas rezultāti elektroenerģijas un siltumenerģijas ražošanai.

Galveno kritēriju un apakškritēriju pāru salīdzināšanas rezultāti

Saskaņā ar AHP hierarhiju (skat. Att. 2.21), vispirms tika veikts kritēriju novērtējums 2. līmenī izmantojot vienādojumu (2.15) un vērtību skalu Tabulā 2.18. Tehniskie, ekonomiskie, vides un sociālie kritēriji tika salīdzināti pāros, pamatojoties uz maģistra darba autora vērtējumu. Rezultāti parādīti Tabulā 2.21.

Tabula 2.21

2. līmeņa kritēriju pāru salīdzināšanas matrica

Kritērijs	Tehniskais	Ekonomiskais	Vides	Sociālais
Tehniskais	1	0.3333	2	7
Ekonomiskais	3	1	3	5
Vides	0.5	0.3333	1	5
Sociālais	0.1429	0.2	0.2	1
Kolonna kopā	4.6429	1.8667	6.2	18

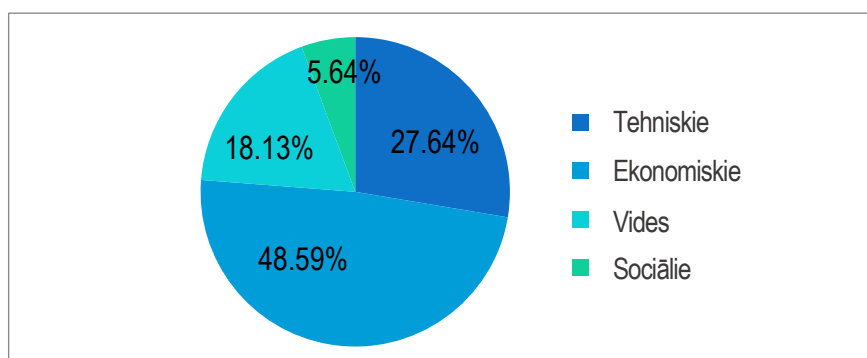
Matricas normalizēšana veikta izmantojot vienādojumu (2.16) Rindas "kolonna kopā" Tabulā 2.21. norāda saucēja vērtību vienādojumā (2.16). Katra no pāru salīdzināšanas matricas vērtībām tika dalīta ar atbilstošo kolonnu summu (piemēram, kolonnai "tehniskā" - $1 / 4,6429 = 0,2154$; $3/4,6429 = 0,6462$; $0,5/6,6429 = 0,1077$; $0,1442/ 4,6429 = 0,0308$). Normalizētā pāru salīdzināšanas matrica parādīta Tabulā 2.22.

Tabula 2.22

Normalizēta 2. līmeņa kritēriju pāru salīdzināšanas matrica

Kritērijs	Tehniskais	Ekonomiskais	Vides	Sociālais	Vidējās vērtības
Tehniskais	0.2154	0.1786	0.3226	0.3889	0.2764
Ekonomiskais	0.6462	0.5357	0.4839	0.2778	0.4859
Vides	0.1077	0.1786	0.1613	0.2778	0.1813
Sociālais	0.0308	0.1071	0.0323	0.0556	0.0564

Katras Tabulas 2.22 rindas vidējās vērtības atbilst attiecīgā kritērija svaram (skat. vienādojumu (2.17)). Kā svarīgi novērtēti ekonomiskie kritēriji, kuru svars bija 0,4859, tehniskie kritēriji ieņem otro vietu ar svaru 0,2764, trešajā vietā - vides kritēriji ar 0,1813 un ceturtajā vietā - sociālie kritēriji ar svaru 0,0564. Rezultāts, kas izteikts procentos, parādīts Att. 2.28.



Att. 2.28. AER tehnoloģiju novērtēšanas kritēriju nozīme (%)

Lai aprēķinātu CI , vispirms bija nepieciešams noteikt I_{max} izmantojot vienādojumu (2.19). Katra no Tabulā 2.23 norādītajām pāru salīdzināšanas matricas vērtībām tika reizināta ar iegūtajām svara vērtībām (vidējās vērtības no Tabulas 2.22). Aprēķina process parādīts Tabulā 2.23.

Tabula 2.23

Daļa no I_{max} aprēķina procesa

Kritērijs	Tehniskais	Ekonomiskais	Vides	Sociālais	Summa
Tehniskais	$1 \cdot 0.2764$	$0.3333 \cdot 0.4859$	$2 \cdot 0.1813$	$7 \cdot 0.0564$	1.19600
Ekonomiskais	$3 \cdot 0.2764$	$1 \cdot 0.4859$	$3 \cdot 0.1813$	$5 \cdot 0.0564$	2.14110
Vides	$0.5 \cdot 0.2764$	$0.3333 \cdot 0.4859$	$1 \cdot 0.1813$	$5 \cdot 0.0564$	0.76363
Sociālais	$0.1429 \cdot 0.2764$	$0.2 \cdot 0.4859$	$0.2 \cdot 0.1813$	$1 \cdot 0.0564$	0.22935

Katras Tabulas 2.23 rindas summa tika dalīta ar kritēriju svaram (vidējās vērtības no Tabulas 2.21). Iegūto dalījumu vidējais lielums $((4.32775 + 4.40666 + 4.21119 + 4.06428) / 4 = 4.25247)$ vienāds I_{max} kas tiek izmantots KI aprēķināšanai, izmantojot vienādojumu (2.18):

$$CI = \frac{4.25247-4}{(4-1)} = 0.08416. \quad (2.24)$$

CR aprēķina, izmantojot vienādojumu (2.20). RI gadījumam ar četriem salīdzinātiem kritērijiem ir 0,9:

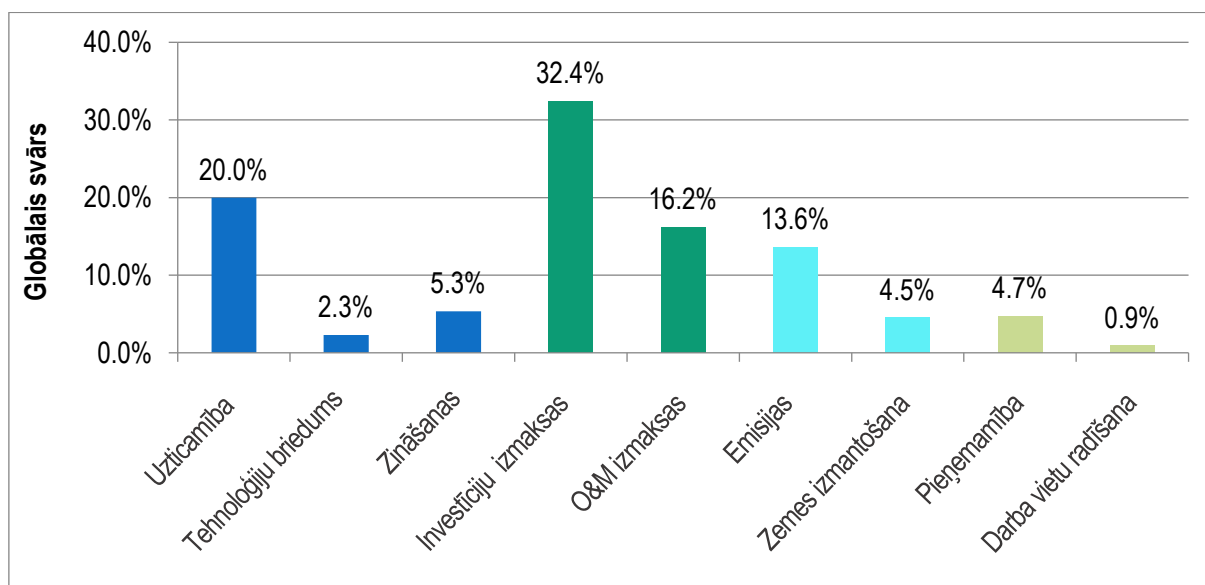
$$CR = \frac{0.08416}{0.9} = 0.09351. \quad (2.25)$$

Ņemot vērā, ka CR = 0,09351, kas atbilst nosacījumam, ka CR jābūt ≤ 0,1, var secināt, ka salīdzinājumi ir konsekventi. Nākamajā solī katras apakškritēriju grupas salīdzināšanas matricas tika sagatavotas vienādi - izmantojot vienādojumu (2.15) - vienādojumu (2.20). Tabulā 2.24 apkopoti iegūtie rezultāti (vietējie svāri). Visu apakškritēriju salīdzinājuma konsekvences koeficients nepārsniedza pieļaujamo robežvērtību 0,1.

Tabula 2.24

Apakškritēriju vietējie svāri		
Kritērijs	Apakškritērijs	Vietējie svāri
Tehniskais kritērijs	Reliability	0.72
	Technology maturity	0.08
	Local technical know-how	0.19
Economiskais kritērijs	Investment cost	0.67
	Operation and Maintenance Cost	0.33
Vides kritērijs	Emissions	0.75
	Land use	0.25
Sociālais kritērijs	Acceptability	0.83
	Job creation	0.17

Lai iegūtu vispārējos/globālos svarus, kritēriju svāri tika reizināti ar vietējiem apakškritēriju svāriem. Iegūtais rezultāts parādīts Att. 2.29, kur vispārējie svāri, kas izteikti procentos, parāda katra apakškritērija nozīmi, kad tiek pieņemts galīgais lēmums.



Att. 2.29. Apakškritēriju globālie svāri, kas izteikti procentos (%)

Ņemot vērā to, ka ekonomiskajiem kritērijiem bija vislielākā nozīme, šī kritērija apakškritēriji ieguva arī visaugstākās svāra vērtības - starp visiem apakškritērijiem vislielākā nozīme bija ieguldījumu izmaksām (32,4%) un darbības un uzturēšanas izmaksām - (16,2%). No tehniskajiem kritērijiem vislielākā nozīme tika novērtēta uzticamībai (20,0%), starp vides kritērijiem - emisijām (13,6%) un starp sociālajiem kritērijiem - pieņemamībai (4,7%).

2.2.9.3. Atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas elektroenerģijas ražošanai - rezultātu ranžēšana

Līdzīgi, tāpat kā attiecībā uz kritērijiem un apakškritērijiem, tika veikts arī katras alternatīvas novērtējums attiecībā uz katru apakškritēriju (4. līmenis). Papildus iepriekšējiem aprēķiniem tika izmantoti vienādojumi (2.21)–(2.23), lai pārveidotu kvantitatīvās vērtības AHP skalā. Pirmais solis bija vērtības aprēķins, izmantojot vienādojumu (2.21). Kā aprēķina piemērs tika apsvērta siltumenerģijas tehnoloģiju investīciju izmaksu konvertēšana:

$$h = \frac{3600-374}{9} = 358,44.$$

Nākamais solis bija ranga numuru aprēķināšana, izmantojot vienādojumu (2.22):

$$RN_{\text{saules siltumenerģija}} = \text{vesels skaitlis no } \left(9 - \frac{625-374}{358.44}\right) = 8;$$

$$RN_{\text{siltumsūkņi (zemes)}} = \text{vsels skaitlis no } \left(9 - \frac{1171-374}{358.44}\right) = 7;$$

$$RN_{\text{Biomasa (CHP)}} = \text{vesels skaitlis no } \left(9 - \frac{3600-374}{358.44}\right) = 1;$$

$$RN_{\text{biomasa (katls)}} = \text{vesels skaitlis no } \left(9 - \frac{374-374}{358.44}\right) = 9.$$

Nākamais solis bija punktu skaita aprēķināšana, izmantojot vienādojumu (2.23) Kā jau iepriekš minēts, diagonālās vērtības vienmēr ir vienādas ar 1, un vērtības, kas atrodas zem šīs diagonāles, var aprēķināt kā apgrieztas vērtības. Aprēķina process un rezultāti ir apvienoti Tabulā 2.25.

Tabula 2.25

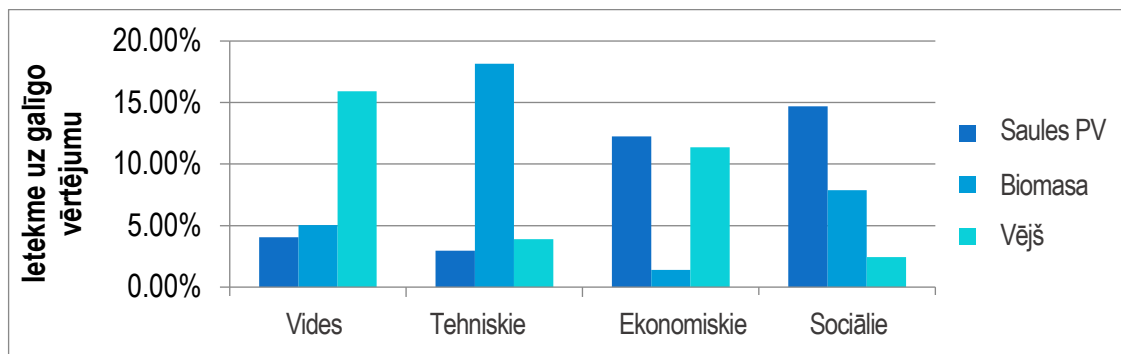
Vērtēšanas vērtību aprēķina process siltumenerģijas tehnoloģiju investīciju izmaksu novērtēšanai

Alternatīva	Saules siltumenerģija	Siltumsūkņi (zemes)	Biomasa (CHP)	Biomasa (katls)
Saules siltumenerģija	1	8-7+1=2	8-1+1=8	1/(9-8+1)=0.5
Siltumsūkņi (zemes)	1/2=0.5	1	7-1+1=7	1/(9-7+1)=0.33
Biomasa (CHP)	1/8=0.125	1/7=0.14	1	1/(9-1+1)=0.11
Biomasa (katls)	1/0.5=2	1/0.33=3	1/0.11=9	1

Sekojošās aprēķina darbības tika veiktas izmantojot vienādojumus (2.16) līdz (2.20). Šāda pieeja tika izmantota attiecībā uz visiem kvantitatīvajiem datiem. Turpmāk aprakstīti tikai galīgie rezultāti, ņemot vērā, ka aprēķina process neatšķiras no iepriekš sniegtajiem aprēķinu piemēriem. Att. 2.30 parādīti rezultāti attiecībā uz katru no AER tehnoloģijām katrā no kritēriju grupām.

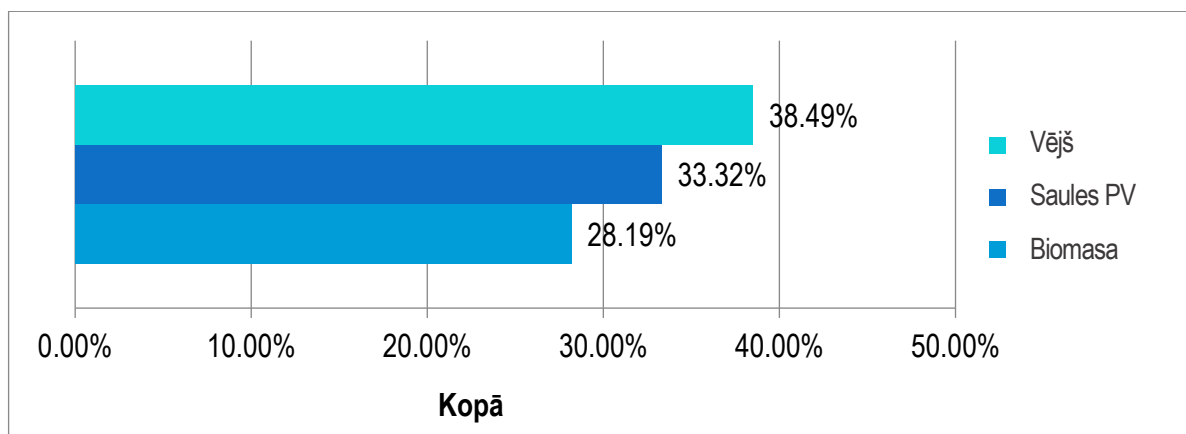
Attiecībā uz veiktspēju, saskaņā ar katru no vides apakškritērijiem, vēja tehnoloģijām bija ievērojams emisiju īpatsvars, savukārt zemes izmantojuma ziņā tām ir līdzvērtīgi apstākļi kā saules paneļiem. Tehnisko kritēriju grupā vislabākos rezultātus deva biomasas tehnoloģijas, kurām bija visaugstākais vērtējums attiecībā uz uzticamību. Aplūkojot ekonomiskos kritērijus, var redzēt, ka priekšplānā izvirzās saules saules un vēja tehnoloģijas, atšķirībā no biomasas tehnoloģijām, kuru rezultātus ietekmē lielās investīcijas, kā arī ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksas. Sociālo kritēriju

grupai bija vismazākā ietekme uz gala rezultātu, šajā grupā visaugstākais vērtējums tika piešķirts saules PV paneļiem.



Att. 2.30. Atjaunojamo energoresursu tehnoloģijas elektroenerģijas ražošanai

Att. 2.30 parāda rezultātus pēc kritērijiem, summējot katra kritērija rezultātu attiecīgajai tehnoloģijai, iegūstot gala rezultātu, kas parāda galīgo iegūto ranžēšanu (Att. 2.31).



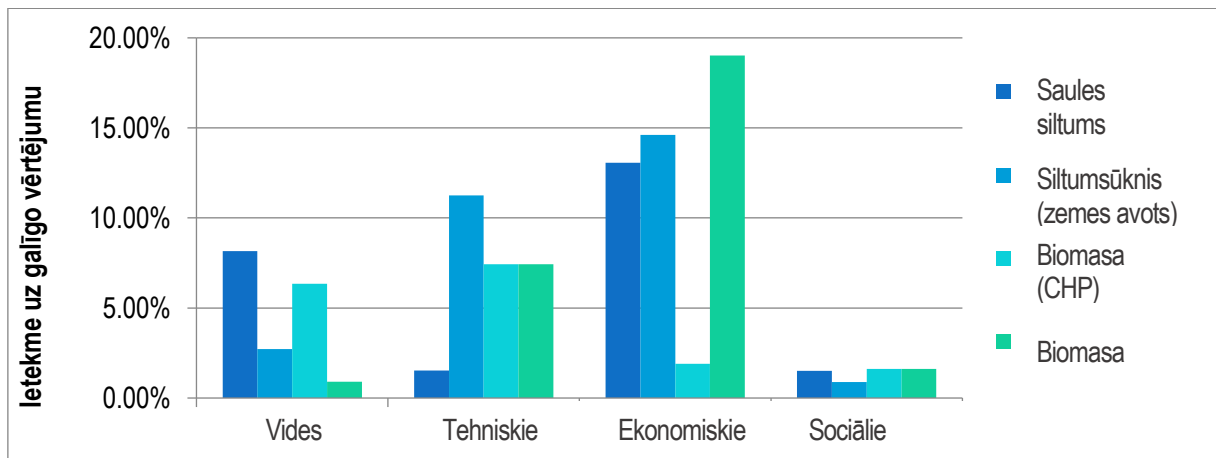
Att. 2.31. Galīgais atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju vērtējums elektroenerģijas ražošanā

AHP rezultāti rāda, ka vislabākā tehnoloģija, ņemot vērā ilgtspējīgas attīstības principus, kas ņem vērā vides, ekonomiskos un sociālos aspektus, bija vēja enerģijas tehnoloģijām, ar kopējo rezultātu 38,49%. Otrajā vietā bija saules PV ar 33,32%, bet trešajā vietā - biomasas tehnoloģijas ar 28,19%. Jāatzīmē, ka tehnoloģiju ranžēšanas rezultātiem nebija izteikta pārsvara. Tā vietā sadalījums bija vienmērīgs, jo neviena no tehnoloģijām nebija vērtējama vienādi visos kritērijos, piemēram, vēja enerģijas tehnoloģijām bija visaugstākais vērtējums ekonomiskajos kritērijos. Tajā pašā laikā tai bija viszemākais vērtējums sociālajos kritērijos.

Ņemot vērā, ka maza mēroga vēja tehnoloģijas Latvijā (ieskaitot ražošanas uzņēmumus) nav plaši izplatītas, kā arī tās nav uzņēmumu vidū tik populāras salīdzinājumā ar biomasas un saules enerģijas tehnoloģijām, iegūtais rezultāts ļauj secināt, ka šīm tehnoloģijām būtu jāpievērš lielāka uzmanība.

2.2.9.4. Atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas siltumenerģijas ražošanai - rezultātu ranžēšana

Att 2.32 parāda AHP starpposma rezultātu katrā AER tehnoloģijai siltumenerģijas ražošanai katrā no kritēriju grupām.

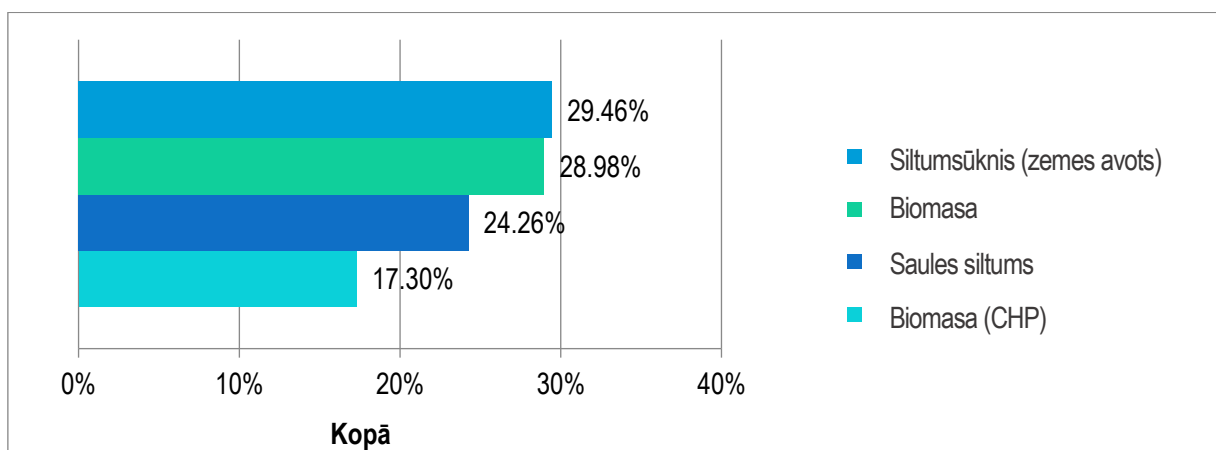


Att. 2.32. AER tehnoloģijas siltumenerģijas ražošanai – rezultāts balstoties uz kritērijiem

No vides viedokļa visaugstākā veiktspēja ir saules siltumtehnoloģijām. Attiecībā par veiktspēju katrā no vides apakškritērijiem, saules siltumenerģijai un biomasas koģenerācijai bija tāda pati ietekme pēc emisiju līmeņa, savukārt zemes izmantojuma ziņā labāki rādītāji bija saules siltumenerģijas tehnoloģijām, kopumā vērtējot to kā labāko tehnoloģiju attiecībā uz apkārtējo vidi.

Tehnisko kritēriju grupā labākie rezultāti bija ģeotermālās enerģijas tehnoloģijām (šajā gadījumā - zemes siltuma sūkņim), kurām bija visaugstākais ticamības vērtējums.

Aplūkojot ekonomiskos kritērijus, var redzēt, ka priekšplānā atrodas biomasas sadedzināšanas tehnoloģijas siltuma ražošanai, savukārt biomasas koģenerācijai bija viszemākais rādītājs šajā kritēriju grupā, kas skaidrojams ar augstajām investīciju izmaksām. Sociālo kritēriju grupā gandrīz visām alternatīvām bija līdzīgi rādītāji, izņemot siltumsūkņus, kas šajā kritēriju grupā saņēma zemāko vērtējumu to zemākas pieņemamības dēļ. Summējot katra kritērija rezultātu attiecīgajai tehnoloģijai, tika iegūts gala rezultāts, kas parāda galīgos ranžēšanas rezultātus (Att. 2.33).



Att. 2.33. Atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju galīgais novērtējums siltumenerģijas ražošanai

Ar nelielu pārsvaru ģeotermālās enerģijas tehnoloģijas vai, šajā gadījumā zemes siltumsūkņi, ieņem pirmo vietu ar rezultātu 29,46%. Otrajā vietā ierindojas biomasas tehnoloģijas ar kopējo rezultātu, kas ir tikai par pus procentu mazāks salīdzinājumā ar zemes siltumsūkņiem.

Trešajā vietā tika ierindotas saules siltumenerģijas tehnoloģijas. Salīdzinot divas labākās tehnoloģijas, redzams, ka ģeotermālajām tehnoloģijām bija vislabākie rādītāji attiecībā uz uzticamību, kā arī zemākās ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksas, savukārt biomasas tehnoloģijām bija vislabākie rādītāji salīdzinoši zemo investīciju izmaksu ziņā.

2.2.9.5. Jūtīguma analīze

Pamatojoties uz iegūtajiem rezultātiem AER tehnoloģijas tika klasificētas ņemot vērā, pirmkārt, to, ka tehniskie, ekonomiskie, vides un sociālie kritēriji nav vienādi - dažiem kritērijiem ir lielāka ietekme nekā citiem galīgo lēmumu pieņemšanā - tas ir atkarīgs no vērtētāja novērtējuma par labu vienam vai otram kritērijam, kas, pēc personīgā viedokļa, vairāk attiecas uz galīgo lēmumu.

Rodas jautājums: vai pieņemot ilgspējīgu lēmumu būtu jāņem vērā visi aspekti balstoties uz vienlīdzīgiem pamatiem? Pieņemot, ka ekonomisko, tehnisko, vides un sociālo kritēriju svars ir vienāds (0,25), neskatoties uz to elektroenerģijas tehnoloģiju un siltumenerģijas tehnoloģiju ranžēšanas rezultāti bija atšķirīgi. Šīs atšķirības ir apkopotas Tabulā 2.26.

Kritēriju svara maiņa maina AER tehnoloģiju ranžēšanas gala rezultātus, ievērojami izlīdzinot individuālos rezultātus un mainot tehnoloģiju līderu pozīciju pēc sākotnējiem rezultātiem. Pēc jutības analīzes pirmo vietu starp AER tehnoloģijām elektroenerģijas ražošanai ieņēma saules PV tehnoloģijas, otrajā vietā atstājot vēja tehnoloģijas. Attiecībā uz biomasu, lai gan kopējais individuālais rezultāts uzlabojās, joprojām rangā biomasas ieņēma trešo vietu. Starp AER tehnoloģijām siltumenerģijas ražošanā tikai pēdējā vieta ar biomasas koģenerāciju palika nemainīga, savukārt, saules enerģijas tehnoloģijas siltuma ieguvei palielinājās par divām pozīcijām. Siltumsūkņi un biomasas tehnoloģijas kopvērtējumā pārvietojās par vienu rangu zemāk, attiecīgi ieņemot otro un trešo vietu.

Tabula 2.26

AER tehnoloģiju jutīguma analīze ar vienādu kritēriju svaru

AER tehnoloģija	Rezultāti ar dažādiem kritēriju svaram		Rezultāti ar vienādu kritēriju svaru		Atšķirības starp rezultātiem	Atšķirības pa rindām
	Rezultāts	Rangs	Rezultāts	Rangs		
AER tehnoloģijas elektroenerģijas ražošanai						
Saules PV	30.84 %	2	33.95 %	1	+3.11 %	+1
Biomasa (CHP)	28.19 %	3	32.44 %	3	+4.24 %	0
Vējš	40.97 %	1	33.61 %	2	-7.36 %	-1
AER tehnoloģijas siltumenerģijas ražošanai						
Saules termālā	24.26 %	3	26.05 %	1	+1.79 %	+2
Siltumsūkņi (zemes)	29.46 %	1	25.35 %	2	-4.11 %	-1
Biomasa (CHP)	17.30 %	4	23.64 %	4	+6.34 %	0
Biomasa	28.98 %	2	24.95 %	3	-4.03 %	-1

Lai gan iepriekšējā analīzē kritēriju svāri tika vienādi mainīti attiecībā uz visiem četriem aspektiem, starp apakškritēriju svāriem joprojām bija atšķirības. Pieņemot, ka katrs apakškritērijs ir vienlīdz svarīgs,

rezultāts sniedza atšķirīgus individuālos rezultātus, bet vienādu ranžēšanu gadījumos, kad gan kritērijiem, gan apakškritērijiem bija atšķirīgas svara vērtības.

Vēl viens veids, kā aplūkot iegūtos rezultātus, ir mainīt četru galveno kritēriju svarus. Piemēram, ja lēmumu pieņemējam ir svarīgi tikai ekonomiskie un tehniskie kritēriji (iespējams gadījums uzņēmumam), kuru svars ir attiecīgi 60% un 40%, un netiek ņemti vērā vides un sociālie kritēriji, visaugstāko punktu skaitu iegūst saules PV tehnoloģijas elektroenerģiju ražojošo tehnoloģiju grupā, bet starp siltumenerģijas tehnoloģijām siltumsūkņi ieņem pirmo vietu ar nelielu pārsvaru pār biomasas tehnoloģijām, kas paliek otrajā vietā. Lai iegūtu atšķirīgu rezultātu, kritēriju svarā ir jāveic tikai nelielas izmaiņas. Piemēram, ja iepriekš aplūkotajā gadījumā papildus ekonomiskajiem un tehniskajiem kritērijiem galīgā lēmuma pieņemšanā tiek ņemts vērā arī vides aspekts, pat tikai minimālā apjomā (5%), tādā veidā iespējams samazināt ekonomiskā kritērija svaru līdz 55% tehniskos kritērijus atstājot ar to pašu svaru (40%). Elektroenerģiju tehnoloģiju grupā vēja tehnoloģijas pārliecinoši ieņem vadošo pozīciju, bet saules PV ieņem trešo vietu. Gadījumos, ja vides aspekti ir primāri svarīgi lēmumu pieņemējam (piemēram, izstrādājot attiecīgu politikas instrumentu), šo aspektu var izcelt kā galveno, kas sniegs atšķirīgus rezultātus tehnoloģiju ranžēšanā. Šādas variācijas parāda, cik ļoti nelielas kritēriju svara izmaiņas var ietekmēt gala rezultātu.

2.2.10. Politikas ieteikumi

Nākamajās apakšnodaļās ir sagatavoti politikas ieteikumi un priekšlikumi piecās dažādās kategorijās. Politikas ieteikumu prioritizēšanas rezultāti ir apkopoti nodaļas beigās.

2.2.10.1. Izmaiņas likumdošanā

Lai gan saskaņā ar uzņēmumu aptauju rezultātiem šā brīža tiesiskā regulējuma uzlabojumi netiek vērtēti kā nozīmīgākais faktors nevar noliegt, ka jebkurš cits stimulē nedarbosies efektīvi, ja nemainīsies ierobežojumi likumos. Publiskā politika ir svarīga, lai palielinātu AER lomu valsts enerģijas bilanci. Politika var būt orientēta gan uz "burkāna" principu, gan uz "nūjas" principu, taču visoptimālākos rezultātus iespējams sasniegt, ja tiek sasniegts līdzsvars starp abām šīm pieejām. Tālāk sniegti ieteikumi esošās sistēmas uzlabošanai.

Neto norēķinu sistēmu lietotāju loka paplašināšana uzņēmējiem. Kopš 2020. gada aprīļa ir pieņemtas izmaiņas likumos, kas veicina AER pašpatēriņu mājāsaimniecībās. Šādu pieeju vajadzētu izmantot arī attiecībā uz uzņēmumiem. Šādas izmaiņas ļautu uzņēmējiem ātrāk veikt tehnoloģiju uzstādīšanu un atgūt ieguldītās investīcijas AER tehnoloģijās, jo brīvdienās, kad, piemēram, nedarbojas ražotne, saražoto elektroenerģiju darba stundās varētu izmantot bez neto norēķinu sistēmas nemaksājot papildus obligātā iepirkuma komponenti. Neto norēķinu sistēmu lietotāju loka paplašināšana varētu samazināt AER tehnoloģiju atmaksas periodu, kas padarītu to uzstādīšanu uzņēmējiem pievilcīgāku.

Izmaiņas uzņēmumu energoauditu procesos. Visā ES liela mēroga uzņēmumiem ik pēc četriem gadiem jāveic obligātais energoaudits. Energoaudits ir vērsts uz enerģijas plūsmu identificēšanu uzņēmumā, kā arī iespējamo uzlabojumu meklēšanu. Parasti šie uzlabojumi ir saistīti ar energoefektivitātes celšanu, lai gan nav izslēgts, ka uzņēmumā vienlaikus tiek palielināts arī no AER patērētās enerģijas daudzums. Energoaudits novērtēts kā efektīvs instruments informācijas iegūšanai par iespējamiem uzlabojumiem uzņēmumā, lai sasniegtu un uzlabotu tā vadību. Energoauditori ir kvalificēti speciālisti, kuri savā darba procesā ir ieguvuši pieredzi no dažāda veida uzņēmumiem. Tie var palīdzēt ne tikai nodot būtisku informāciju uzņēmumam, bet arī nodrošināt, ka tā kalpos par uzticamu pamatu turpmāko lēmumu pieņemšanā saistībā ar ieguldāmajām investīcijām. Ņemot vērā iepriekš minēto, tiek ierosināts noteikt, ka, veicot uzņēmuma energoauditu, energoauditors ne tikai novērtē iespējamās energoefektivitātes pasākumus, bet arī novērtē uzņēmuma spēju pāriet uz AER tehnoloģijām. Energoauditu rezultāti pašlaik ir viens no būtiskiem pasākumiem, kas tiek realizēti bez valsts atbalsta, lai sasniegtu energoefektivitātes mērķus. Potenciāli energoauditi varētu arī veicināt AER mērķu sasniegšanu.

Izmaiņas likumos, kas regulē atbalsta programmas. Esošās atbalsta shēmas ierobežo potenciālo saņēmēju (uzņēmēju) skaitu, kuru viena no darbības nozarēm ir ražošana ("C" saskaņā ar NACE klasifikāciju). Nevar noliegt, ka atbalsts ražošanas uzņēmumiem ir nepieciešams, tomēr ir iespējams apsvērt iespēju, kas dod priekšroku ražošanas nozarei, bet neliedz citu darbības nozaru uzņēmumiem pieteikties atbalsta saņemšanai, ja tiem ir potenciāls (piemēram, liels enerģijas patēriņš, novecojušas, fosilā kurināmā tehnoloģijas), kur kā galvenais mērķis šādiem pasākumiem ir valstī palielināt kopējo AER īpatsvaru. Aizvien vairāk tiek ieviestas AER tehnoloģijas un līdz ar to vairāk tas ietekmēs citus uzņēmējus pieņemt labvēlīgus lēmumus. Turklāt esošās programmas bieži sniedz atbalstu projektiem, kur AER tehnoloģijas tiek ieviestas uz ēku jumtiem. Tādā veidā netiek papildus izmantota lietderīgā zemes platība, tomēr ne visos gadījumos pastāv tehniskas iespējas uzstādīt AER tehnoloģijas esošajās konstrukcijās. Pastāv dažādas situācijas, tāpēc šādi ierobežojumi nav vērtējami kā labvēlīgi. Būtu jāapsver iespējas, piemēram, efektīvai autostāvvietu izmantošanai, kā arī AER tehnoloģiju uzstādīšanai degradētās teritorijās, ja tas ir tehniski un ekonomiski pamatoti.

Vides prasību pārskatīšana. Attiecībā uz vides aspektiem būtu jānovērtē iespēja atvieglot vides prasības atsevišķiem AER projektiem. Ja rodas problēmas, būtu jāmeklē veidi, kā apvienot AER tehnoloģijas ar sabiedrības interesēm un savvaļas floru un faunu, nevis jāmeklē attaisnojumi, lai aizliegtu jaunu AER tehnoloģiju uzstādīšanu. Piemēram, attiecībā uz vēja turbīnu uzstādīšanu - jāņem vērā putnu migrācijas ceļi, taču tas nedrīkstētu būt iemesls, kāpēc vēja turbīnu uzstādīšana tiek aizliegta, ir rūpīgi jāizvērtē, nevis jāaizliedz tehnoloģijas uzstādīšana. Pētījumi rāda, ka mājas kaķu ietekme uz putnu nāvi ir ievērojami lielāka, salīdzinot ar vēja turbīnām (Nazir et al., 2020; Trouwborst et al., 2020), tomēr Latvijā par to publiski nerunā.

2.2.10.2. Fiskālie instrumenti

Saskaņā ar AHP rezultātiem ekonomiskais aspekts ir viens no vissvarīgākajiem lēmumu pieņemšanas procesā. Maģistra darbā tā ietekme tika novērtēta kā gandrīz 49%, līdz ar to ir svarīgi ieviest pasākumus, kas pozitīvi ietekmē projekta atmaksāšanās periodu, kā arī pasākumus, kas nodrošina dažādu finansēšanas risinājumu pieejamību.

Nekustamā īpašuma un uzņēmumu ienākuma nodokļa atlaide. Šāds instruments nebūs noteicošais faktors, izdarot izvēli par labu AER tehnoloģijas ieviešanai, bet tam būs veicinošs efekts. Gadījumos, kad uzņēmums iegulda AER projektos, tam tiek piešķirta nodokļu atlaide.

Akcīzes nodokļu paaugstināšana. Akcīzes nodokļa mērķis ir ierobežot videi un cilvēku veselībai kaitīgu preču patēriņu. Pašlaik akcīzes nodoklis tiek piemērots naftas produktiem un dabasgāzei. Akcīzes nodokļa paaugstināšana varētu veicināt fosilo energoresursu izmantošanas samazināšanu un stimulēt pāreju uz AER. Līdz šim Latvija regulāri un pakāpeniski ir palielinājusi akcīzes nodokli naftas produktiem. Pēdējais akcīzes nodokļa palielinājums notika 2020. gada 1. janvārī (VID, 2020).

Pensiju fonds "zajās" enerģijas finansēšanai. Maģistra darbā viens no izvirzītajiem priekšlikumiem ir izveidot valsts pensiju fondu, kas veiktu ieguldījumus AER projektos, dodot iespēju uzņēmējiem izsniegt aizdevumus ar salīdzinoši zemām likmēm, lai īstenotu šos projektus, un tajā pašā laikā nodrošinātu pensiju fondu ar stabilu atmaksas termiņu. Šis fonds varētu ieguldīt dažāda lieluma valsts un pašvaldību kapitālsabiedrību AER projektos, kā arī privātā kapitāla uzņēmumos. Šāds fonds arī spētu nodrošināt ilgtermiņa aizdevumus ar zemām procentu likmēm. Tādā veidā valsts iegūtu gan stabilus ieguldījumus, gan instrumentu AER veicināšanai.

2.2.10.3. Informatīvie instrumenti

Ņemot vērā, ka uzņēmumi kā vienu no vissvarīgākajiem stimuliem plašākai AER tehnoloģiju izmantošanai aptaujās norādīja labāku tehnoloģiju izpratni (17% respondentu), tika izstrādāti vairāki priekšlikumi informatīvo pasākumu formātā. Attiecībā uz rezultātiem, kas tika iegūti ar AHP metodi, šie pasākumi var ne tikai palielināt vietējo kompetenci, bet arī palielināt pieņemamību. Novērtēts, ka šo divu apakškritēriju ietekme uz gala rezultātu, izvēloties AER tehnoloģiju, bija 10%.

Apmācības kursi uzņēmumu energopārvaldniekiem un darbiniekiem. Viens no iespējamiem pasākumiem varētu būt izglītojošas aktivitātes uzņēmumiem. Piemēram, bezmaksas apmācības kursi energopārvaldniekiem vai darbiniekiem, kuru laikā tiek iegūta padziļināta informācija par AER tehnoloģijām, sākot no idejas līdz projekta īstenošanai. Pastāv veiksmīgi piemēri, kas var kalpot par pamatu līdzīgu pasākumu izstrādei attiecībā uz AER tehnoloģijām un to plašāku izmantošanu. Viens no veiksmīgajiem piemēriem, ko iespējams minēt ir ES finansētais projekts "Atbalsts un apmācība izciliem energoefektivitātes rādītājiem", iesaistot arī Latvijas Tirdzniecības un rūpniecības kameru. Projekta rezultātā no iesaistītajiem uzņēmumiem var sagaidīt enerģijas ietaupīšanu, kā arī labāku izpratni par enerģijas pārvaldības jautājumiem. Minētais projekts saņēmis labas atsauksmes no uzņēmumiem un, kas ir svarīgi, ir palīdzējis tiem ne tikai labāk izprast enerģijas patēriņu, bet arī veiksmīgi īstenot dažādus pasākumus tā samazināšanai (STEEP, n.d.). Informācijas trūkums ir viens no šķēršļiem, kas uzņēmumiem traucē vai kavē pieņemt lēmumus, tāpēc pasākumi šo šķēršļu pārvarēšanai novērtēti kā kritiski svarīgi.

Apmācību kursi iesaistīto nozaru speciālistiem. Novērtēts, ka ir svarīgi sniegt zināšanas uzņēmumiem kā potenciālajiem lēmumu pieņēmējiem, taču tikpat svarīgi ir nodrošināt kvalificētus ārpalpojumu ekspertus, kuri pēc tam praksē var īstenot un izpildīt uzņēmumu pieņemtos lēmumus. Tas ietver pareizus tehniskos aprēķinus, piemērota finansēšanas risinājuma izvēli, piemērota aprīkojuma izvēli, pareizu uzstādīšanu un aprīkojuma apkopi, ja tas nepieciešams kā ārpalpojums. Šādas apmācības varētu organizēt arī kā valsts organizētus apmācības kursus iesaistīto nozaru speciālistiem (piemēram, banku darbiniekiem, enerģijas auditoriem, arhitektiem, celtniekiem, būvvaldes pārstāvjiem un citiem), lai labāk izprastu AER tehnoloģijas un to nozīmi.

Vietne, kas veltīta AER jautājumiem. Uzticamas un pārbaudītas informācijas iegūšana ir laiktietilpīgs process. Informatīva vietne, ko izveidojusi un uzturējusi valsts iestāde, nodrošinātu vieglāku piekļuvi nepieciešamajai informācijai. Visu jaunāko informāciju par AER tehnoloģijām, finansēšanas iespējām, atbalsta mehānismiem, likumdošanas niansēm, projekta īstenošanu, labas prakses piemēriem un citu noderīgu informāciju varētu publicēt konkrētā tīmekļa vietnē. Šāda veida informācija vienuviet veicinātu ne tikai labāku izpratni, bet arī nodrošinātu lielāku informācijas ticamību, uzticamību un uzņēmēju papildu pārliecību. Tas uzlabotu izpratni par AER jautājumiem un palīdzētu pieņemt labvēlīgus lēmumus šādu projektu īstenošanai. Ņemot vērā, ka atjaunojamā enerģija ir saistīta ar energoefektivitāti un ir vienlīdz svarīga uzņēmuma darbībai, šādu tīmekļa vietni varētu arī papildināt ar informāciju par energoefektivitātes uzlabojumiem. Turklāt šāda vietne būtu jāpapildina ar aprēķinu rīku, ar kura palīdzību uzņēmēji varētu novērtēt savas iespējas, ērtāk atlasīt un salīdzināt AER tehnoloģijas, piemēram, izstrādāt tādu rīku, kura saules PV veikspējas rādītāji ir saistīti ar uzņēmumu stundas elektroenerģijas patēriņa datiem, lai būtu vieglāk noteikt nepieciešamo uzstādīšanas jaudu.

AHP rezultāti parādīja, ka nelielas izmaiņas prioritātēs attiecībā uz lēmumu pieņemšanu var būtiski ietekmēt gala rezultātu. Šāds rīks salīdzinošā veidā varētu norādīt uz katras AER tehnoloģijas priekšrocībām un trūkumiem. Turklāt ir svarīgi novērtēt uzņēmuma enerģijas patēriņa datus (slodzes diagramma), ģeogrāfisko atrašanās vietu, ēkas specifikāciju, izvēles un citus nepieciešamos datus, kas kalpo par pamatu turpmākajā lēmumu pieņemšanā, Šajā posmā būtu vērts iesaistīt enerģētikas speciālistus kā konsultantus.

2.2.10.4. Valsts iestādes kā paraugs

Valsts institūciju darbība kā labas prakses piemērs. Valsts struktūrām vajadzētu būt par paraugu dažādu AER projektu īstenošanā. Piemēram, valstij piederoša elektroenerģijas ražošana un tirdzniecības uzņēmums varētu īstenot ilgtermiņa projektu - saules saules enerģijas uzstādīšanu elektrības ražošanai un pārvadei uz kopējo tīklu. Šāda veida projekti palielinātu AER atpazīstamību valstī un būtu kā labais piemērs uzņēmējiem domāt par līdzīgu projektu ieviešanu savos uzņēmumos. Uzņēmumiem būtu īsāks ieguldīto investīciju atmaksas periods, ņemot vērā, ka no tīkla saņemto elektroenerģiju daļēji aizstāj ar elektroenerģiju, kas ražota, izmantojot AER tehnoloģiju. Viens no

lielākajiem AER projektiem, kas ir veicinājis AER atpazīstamību valsts mērogā, ir SIA "Salaspils siltums" īstenotais projekts, kas ietvēra saules kolektoru lauku, akumulācijas tvertnes un 3 MW šķeldas katlu mājas uzstādīšanu. Lai palielinātu atjaunojamās enerģijas izmantošanu centralizētajā siltumapgādē, tika uzstādīti tūkstoš septiņi simti divdesmit saules kolektoru (Salaspils Siltums, 2020). Pretēji iepriekš minētajam labajam piemēram, Tukuma novada dome 2020. gada 25. martā nolēma nepieņemt plānoto SIA "Pienava vējš" darbību - investēt 100 miljonus eiro vēja parka "Pienava" celtniecībā. Diemžēl šādiem lēmumiem ir tieši pretējs efekts. Pēc vēja nozares ekspertu domām, šāds lēmums ir nelabvēlīgs sabiedrībai un visai Latvijai, ņemot vērā Latvijas un ES noteiktos obligātos enerģijas un klimata mērķus. Šajā gadījumā ir svarīgi strādāt arī ar sabiedrības informēšanu, jo arī saistībā par AER tehnoloģijām sabiedrībai mēdz būt aizspriedumi vai nepareizs priekšstats (DELFI, 2020).

2.2.10.5. Citi instrumenti

Pāreja uz biomasas izmantošanu produktiem ar augstu pievienoto vērtību. Lai arī vēsturiski biomasas izmantošanai ir nozīmīga vieta Latvijas enerģijas bilancē, ilgtermiņā ir nepieciešams lēnām virzīties prom no tiešas biomasas izmantošanas enerģijas ražošanai. Tā vietā būtu jākoncentrējas uz saules, vēja un ģeotermālās enerģijas izmantošanu, kas ir brīvi pieejama. Biomasas sadedzināšanai ir augsts emisiju līmenis, salīdzinot ar citām AER tehnoloģijām, un biomasas izmantošana cieši saistīta ar zemes izmantošanu, ko būtu iespējams pielietot citiem mērķiem, piemēram, pārtikas ražošanai. Biomasu būtu jāizmanto produktu ražošanai ar augstu pievienoto vērtību, piemēram, koksnes izmantošana kokšķiedras ražošanā, kas nepārprotami nodrošina lielāku pievienoto vērtību. Tādā veidā ir iespējams palielināt valsts konkurētspēju un līdz ar to arī iespēju veiksmīgāk atbalstīt citu iepriekšminēto AER risinājumu izmantošanu.

Zinātnes finansēšana valsts un starpvalstu līmenī, lai izstrādātu jaunus tehnoloģiskos risinājumus, kā arī uzlabotu tehnoloģiju efektivitāti, izmantošanu un citus ar enerģētiku saistītus jautājumus. Zinātnes loma ir būtiska ilgtspējīgas, modernas, konkurētspējīgas enerģētikas nozares attīstībai Latvijā un Baltijā. Svarīgi, ka pētniecības procesā notiek sadarbība ar enerģētikas nozares sociālajiem partneriem, tiek veidotas pētniecības grupas, lai risinātu enerģētikas problēmas nacionālā un starptautiskā (piemēram, Baltijas valstu) līmenī, un zināšanu un tehnoloģiju nodošana tiek realizēta praksē. Viens no iespējamajiem pētījumu virzieniem varētu būt saistīts ar enerģijas uzkrāšanas risinājumu integrēšanu enerģijas sistēmā, jo katru gadu ievērojami samazinās kapitālieguldījumi, kas var ievērojami saīsināt AER atmaksāšanās periodu. Tas, savukārt, paver lielākas iespējas efektīvai AER izmantošanai ne tikai uzņēmumiem, bet arī valsts un pašvaldību institūcijām. Ir svarīgi izveidot mehānismu, kurā zinātne, business un valsts pārvaldes iestādes strādā koordinēti, lai sasniegtu kopēju mērķi - pāreju uz oglekļa neitrālu enerģijas nozari vislabākajā iespējamajā veidā. Lai arī katrs uzņēmums ir individuāls, var būt noderīgi izpētīt iespēju izveidot standarta AE tehnoloģiju ieviešanas projektus, kas samazinātu izmaksas un administratīvo slogu.

Administratīvā sloga samazināšana. Viens no risinājumiem AER tehnoloģiju īpašvara palielināšanā būtu esošo projektu ieviešanas procedūru atvieglošana, lai uzņēmēji ērtākā un ātrākā veidā realizēt AER projektus. Tas varētu ietvert arī valsts apmaksāta speciālista konsultācijas, projekta izstrādes un koordinācijas procesa vienkāršošanu nepieciešamajās institūcijās, kas ievērojami atvieglotu AER projektu attīstību. Tādā veidā arī iespējams uzzināt uzņēmumu nepieciešamības un strādāt, lai sasniegtu vislabākos iespējamus rezultātus.

Kolektīvā mārketinga platforma. Instalējot lielākas jaudas tehnoloģijas, tiek samazinātas specifiskās izmaksas, tāpēc ir iespējams izveidot platformu, kas apvienotu tā paša reģiona uzņēmumus, kuri vēlas uzstādīt AER tehnoloģijas (līdzīga pieeja jau tiek ieviesta ēku atjaunošanā, lai samazinātu izmaksas). Tādā veidā varētu samazināt kapitālieguldījumus atsevišķiem projektiem, jo tehnoloģiju piegādātāji/uzstādītāji varētu piedalīties nozīmīgākos iepirkumos. Tas, savukārt, uzņēmējiem radītu īsāku ieguldīto investīciju atmaksāšanās periodu. Šāds princips ir līdzīgs enerģijas kopienu jēdzienam un to var īstenot ne tikai uzņēmumu līmenī, bet arī atsevišķu reģionu, kvartālu līmenī.

2.2.10.6. Politikas ieteikumu prioritāšu noteikšana

Iepriekšējā posmā pavisam tika izstrādāti piecpadsmit politikas priekšlikumi piecās dažādās kategorijās. Lai prioritizētu šos priekšlikumus vai labāk saprastu, kurus pasākumus vispirms varētu īstenot, bet kuriem priekšlikumiem ir zemāka prioritāte un kurus var īstenot pēc izvēles, priekšlikumi tika vērtēti. Prioritāšu noteikšanas rezultāts ir parādīts Att 2.34.



Att. 2.34. Politikas ieteikumu sadalījums pa prioritātēm

Septiņi ieteikumi saņēma augstu prioritāti, pieci saņēma vidēju prioritāti un trīs saņēma zemu prioritāti. Daži no prioritārajiem ieteikumiem var tikt apvienoti, vismaz daļēji (attiecībā uz rezultātiem). Piemēram, izveidotajā AER tīmekļa vietnē varētu publicēt informāciju no apmācību kursiem video formātā, kā arī sniegt informāciju par labās prakses piemēriem no publiskā sektora, ieskaitot ziņām par izmaiņām likumdošanā.

Pilns ieteikumu novērtējums ir iekļauts Pielikumā Nr.2

2.2.11. Secinājumi un ieteikumi

1. Tehnoloģiju attīstība, pieaugošais pieprasījums pēc videi draudzīgas saražotās enerģijas un nepieciešamība samazināt fosilā kurināmā izmantošanu pēdējās desmitgades laikā ir pozitīvi ietekmējis atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas, jo kapitāla izmaksas ir ievērojami samazinājušās.
2. Latvijā ir samērā liels atjaunojamās enerģijas gala patēriņa īpatsvars, tomēr tas galvenokārt ir saistīts ar vēsturiski uzstādītajām hidroelektrostaciju jaudām. Pēdējo desmit gadu laikā attiecībā uz citu atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju veidu elektroenerģijas jaudām vērojams mērens palielinājums.
3. Enerģētikas un enerģētikas politikas jomā bieži tiek izmantota daudzkritēriju lēmumu pieņemšanas analīze, ieskaitot dažādu atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju analīzi, ņemot vērā faktu, ka ir iespējams brīvi izvēlēties vissvarīgākos kritērijus, kas aptver visus lēmumu pieņemējam nepieciešamos aspektus, un, novērtējot katras alternatīvas veiktspēju pēc kritērijiem - izvēlieties labāko.
4. Obligātais iepirkums kā atjaunojamās enerģijas atbalsta mehānisms nav godīgi izpildījis nav izpildījis savu funkciju un sabiedrībā radījis negatīvas asociācijas, kas ietekmē atjaunojamās

enerģijas pieņemšanu sabiedrībā kopumā. Tajā pašā laikā atjaunojamās enerģijas pieņemamību ietekmē arī atsevišķi sabiedrības aizspriedumi vai neobjektīvi ietekmes novērtējumi.

5. Ņemot vērā lielo enerģijas gala patēriņu rūpniecībā un būvniecībā, var secināt, ka tam ir ne tikai nozīmīga loma enerģijas bilancē, bet arī augsts potenciāls pārejā uz alternatīviem enerģijas avotiem.
6. Aptauja vērtējama kā labs instruments, lai iegūtu nepieciešamo informāciju no identificētās mērķa grupas, formulējot jautājumus ar konkrētu mērķi. Aptauja sniedz iespējas ne tikai novērtēt individuālās atbildes uz katru jautājumu, bet arī novērtēt savstarpējo saistību starp atbildēm uz dažādiem jautājumiem.
7. Izvērtēšanas kritēriju, bet vēl jo vairāk apakškritēriju izvēle ir kritiska daudzkritēriju lēmumu analīzes procesā, jo tā var ievērojami ietekmēt gala rezultātu.
8. Apskatītajā literatūrā pieejamie dati par atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas raksturojumu ir ne tikai atšķirīgi dažādos avotos, bet arī nav plaši pieejami, tāpēc datu pieejamība, kā arī datu kvalitāte ir būtisks aspekts, kas jāuzlabo, lai pilnveidotu vērtēšanas procesu.
9. Papildus subsīdiju/subsīdiju pieejamībai informētības pieejamības veicināšana stiprinot izpratni par tehnoloģijām ir otrs aptaujāto respondentu visbiežāk minētais risinājums, lai palīdzētu palielināt AER tehnoloģiju izmantošanas īpatsvaru, tāpēc ir svarīgi strādāt pie informatīvo pasākumu attīstīšanas.
10. Lai saprastu iemeslus neveikt izmaiņas esošajā biznesa modelī, un rast risinājumus šķēršļu novēršanai, kā arī mainīt attieksmi un izturēšanos, ir svarīgi sadarboties ar uzņēmumiem. Jāizveido piemēroti instrumenti un politikas virzieni, lai veicinātu uzņēmumu konkurētspēju un ilgtspējīgas ekonomikas attīstību kopumā.
11. Analītiskās hierarhijas procesa rezultāti parādīja, ka vislabākā tehnoloģija elektroenerģijas ražošanai ar visaugstāko rangu ir vēja enerģijai. Ņemot vērā, ka maza mēroga vēja tehnoloģijas Latvijā nav plaši izplatītas, kā arī tās nav tik populāras salīdzinājumā ar biomasas un saules enerģijas tehnoloģijām, iegūtais rezultāts ļauj secināt, ka šīm tehnoloģijām jāpievērš lielāka uzmanība.
12. Analītiskās hierarhijas procesa rezultāti parādīja, ka vislabākā siltuma ražošanas tehnoloģija ir siltumsūkņi. Siltumsūkņu tehnoloģijām novērtēts vislabākais sniegums attiecībā uz uzticamību, kā arī zemākās darbības un uzturēšanas izmaksas salīdzinājumā ar citām tehnoloģijām, kas novērtētas maģistra darbā.
13. Jūtīguma analīze parādīja, ka nevienmērīgas kritēriju svara izmaiņas, nosakot lielāku nozīmi kādam no kritērijiem, un dažos gadījumos - ja kritērija nav vai ir mazsvarīgs, citam kritērijam var ievērojami mainīt gala rezultātu pat tad, ja tiek veiktas nelielas svara izmaiņas.
14. Politikas ieteikumu novērtēšanas laikā galvenā prioritāte bija administratīvā sloga samazināšana, neto norēķinu sistēmu lietotāju loka paplašināšana uzņēmējiem, valsts institūciju rīcība kā labas prakses piemērs, vietne, kas veltīta AER jautājumiem, apmācību kurss iesaistīto nozaru speciālistiem, apmācību kurss uzņēmumu ienākumu pārvaldītājiem un darbiniekiem, kā arī nekustamā īpašuma un uzņēmumu ienākuma nodokļa atlaides. Tātad var secināt, ka informatīvie pasākumi un zināšanu izplatīšana ir viens no vissvarīgākajiem virzieniem, kurā nepieciešams strādāt gan ar uzņēmumiem, gan ar speciālistiem atjaunojamās enerģijas jomā.

Šādi ieteikumi tiek ieteikti:

1. Pastāv iespēja uzlabot izstrādāto atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju novērtēšanas metodiku, gan dažādojot apsvērtās tehnoloģijas (piemēram, detalizējot specifiskas biomasas tehnoloģijas, dažāda veida saules paneļus, horizontālās un vertikālās vēja turbīnas utt.), gan izvēloties papildu apakškritērijus. Vissvarīgākais ierobežojums ir datu pieejamība.
2. Ar sagatavotajiem politikas priekšlikumiem būtu svarīgi iepazīstināt politikas veidotājus, lai pārrunātu to ieviešanas iespējas, kā arī veiktu turpmākus pētījumus par sagaidāmajiem politikas pasākumu rezultātiem un to ietekmi, piemēram, obligāto noteikto mērķu sasniegšanu attiecībā uz atjaunojamo enerģiju.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Abriyantoro, D., Dong, J., Hicks, C., & Singh S. P. (2019). A stochastic optimisation model for biomass outsourcing in the cement manufacturing industry with production planning constraints. *Energy*, 169, 515-526. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.11.114>
- Ahlström, J. M., Zetterholm, J., Pettersson, K., & Harvey, S., Wetterlund, E. (2020). Economic potential for substitution of fossil fuels with liquefied biomethane in Swedish iron and steel industry – Synergy and competition with other sectors. *Energy Conversion and Management*, 209, 112641. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112641>
- Amponsah, N. Y., Troldborg, M., Kington, B., Aalders, I., & Hough, R. L. (2014, November 1). Greenhouse gas emissions from renewable energy sources: A review of lifecycle considerations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 39, pp. 461–475. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.087>
- Cabala, P. (2010). Using the Analytic Hierarchy Process in Evaluating Decision Alternatives. *Operations Research and Decisions*, 20(1), 5–23.
- Carvajal, P. E., Li, F. G. N., Soria, R., Cronin, J & Anandarajah, G., Mulugetta, Y. (2019). Large hydropower, decarbonisation and climate change uncertainty: Modelling power sector pathways for Ecuador. *Energy Strategy Reviews*, 23, 86-99. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2018.12.008>
- Central Statistical Bureau of Latvia. (n.d.-a). ENG020. Energobilance, TJ, tūkst.toe (NACE 2. red.). Retrieved March 13, 2020, from http://data1.csb.gov.lv/pxweb/lv/vide/vide_energetika_ikgad/ENG020.px/
- DELFI. (2020). Tukumā neatbalsta 100 miljonu eiro vērtu vēja elektrostaciju parka būvniecību. Retrieved May 4, 2020, from https://www.delfi.lv/bizness/biznesa_vide/tukuma-neatbalsta-100-miljonu-eiro-vertu-veja-elektrostaciju-parka-buvniecibu.d?id=52012841
- Edomah, N. (2019). Governing sustainable industrial energy use: Energy transitions in Nigeria's manufacturing sector. *Journal of Cleaner Production*, 210, 620-629. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.052>
- Farjana, S. H., Huda, N., Mahmud M. A. P., & Saidur, R. (2018). Solar process heat in industrial systems – A global review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 2270-2286. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.065>
- Focaccia, S., Tinti, F., Monti, F., Amidei, S & Bruno, R. (2016). Shallow geothermal energy for industrial applications: A case study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 16, 93-105. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2016.05.003>
- GREBE. (2017). *Advice Notes on Solar Thermal Technology Economics for the NPA Region*. Retrieved from <http://grebeproject.eu/>
- Gude, V. G. (2018). Renewable Energy Powered Desalination Handbook: Application and Thermodynamics. In *Renewable Energy Powered Desalination Handbook: Application and Thermodynamics*. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02851-3>
- Haddad, B., Liazid, A., & Ferreira, P. (2017). A multi-criteria approach to rank renewables for the Algerian electricity system. *Renewable Energy*, 107, 462–472. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.01.035>
- Hidayatno, A., Destyanto, A. R., Handoyo, B. A. (2019). A Conceptualization of Renewable Energy-Powered Industrial Cluster Development in Indonesia. *Energy Procedia*, 156, 7-12. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.11.074>
- Hussain, Abid., Sarangi, G. K., Pandit, A., Ishaq, S., Mamnun, N., Bashir, Jamil, M. K. (2019). Hydropower development in the Hindu Kush Himalayan region: Issues, policies and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 107, 446-461. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.03.010>
- International Renewable Energy. (2018). Renewable power generation costs in 2018. In *International Renewable Energy Agency*. Retrieved from www.irena.org

- Jia, Teng., Huang, J., Li, R., He, P., & Dai, Yanjun. (2018). Status and prospect of solar heat for industrial processes in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 475-489. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.077>
- Klutho, S. (2013). *Mathematical Decision making: An Overview of the Analytic Hierarchy Process Contents*. 1–45. Retrieved from <http://www.whitman.edu/mathematics/SeniorProjectArchive/2013/Klutho.pdf>
- Kolios, A., Mytilinou, V., Lozano-Minguez, E., & Salonitis, K. (2016). A Comparative Study of Multiple-Criteria Decision-Making Methods under Stochastic Inputs. *Energies*, 9(7), 566. <https://doi.org/10.3390/en9070566>
- Kylili, A., Fokaides P. A., Ioannides, A., Kalogirou, S. (2018). Environmental assessment of solar thermal systems for the industrial sector. *Journal of Cleaner Production*, 176, 99-109. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.150>
- LSM.lv. (2019). Meža platība Latvijā turpina pieaugt – pērn tie bija 52% / Raksts / LSM.lv. Retrieved March 13, 2020, from <https://www.lsm.lv/raksts/zinas/latvija/meza-platiba-latvija-turpina-pieaugt-pern-tie-bija-52.a325062/>
- Maletič, D., Lasrado, F., Maletič, M., & Gomišček, B. (2016). Analytic Hierarchy Process Application in Different Organisational Settings. In *Applications and Theory of Analytic Hierarchy Process - Decision Making for Strategic Decisions*. <https://doi.org/10.5772/64511>
- Malico, I., Pereira R. N., Gonçalves, A. C., & Sousa, A. M. O. (2019). Current status and future perspectives for energy production from solid biomass in the European industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 960-977. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.022>
- Mayyas, M., Nekouei, R. K., Sahajwalla, V. (2019). Valorization of lignin biomass as a carbon feedstock in steel industry: Iron oxide reduction, steel carburizing and slag foaming. *Journal of Cleaner Production*, 219, 971-980. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.114>
- Nazir, M. S., Ali, N., Bilal, M., & Iqbal, H. M. N. (2020, February 1). Potential environmental impacts of wind energy development: A global perspective. *Current Opinion in Environmental Science and Health*, Vol. 13, pp. 85–90. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2020.01.002>
- Ochs, A. (2015). Sustainable Energy Roadmap & Implementation Plans (SERIP). Retrieved April 26, 2020, from <https://www.slideshare.net/GaelleWorldwatch/sustainable-energy-roadmap-implementation-plans-serip>
- OECD. (2018). The Full Costs of Electricity Provision. In *The Full Costs of Electricity Provision*. <https://doi.org/10.1787/9789264303119-en>
- Penghao, C., Pingkuo, Liu., Hua, P. (2019). Prospects of hydropower industry in the Yangtze River Basin: China's green energy choice. *Renewable Energy*, 131, 1168-1185. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.08.072>
- Proskurina, S., Heinimo, J., Schipfer, F., & Vakkilainen, E. (2017). Biomass for industrial applications: The role of torrefaction. *Renewable Energy*, 111, 265-274. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.04.015>
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234–281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Salaspils Siltums. (2020). Saules enerģijas izmantošana Salaspilī. Retrieved May 4, 2020, from <https://www.salaspilssiltums.lv/lv/588-saules-enerģijas-izmantosana-salaspili.html>
- Salha, O. B., Hkiri, B., Aloui, C. (2018). Sectoral energy consumption by source and output in the U.S.: New evidence from wavelet-based approach. *Energy Economics*, 72, 75-96. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2018.03.029>
- Sari, M. A., Badruzzaman, M., Cherchia, C., Swindle, M., Ajamic, N., Jacangelo, J. G. (2018). Recent innovations and trends in in-conduit hydropower technologies and their applications in water distribution systems. *Journal of Environmental Management*, 228, 416-428. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.08.078>

- Schlömer, S., Bruckner, T., Fulton, L., Hertwich Austria, E., McKinnon, A. U., Perczyk, D., ... Minx, J. (2014). *III ANNEX Technology-specific Cost and Performance Parameters Editor: Lead Authors: Contributing Authors: to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer Technology-specific Cost and Performance Parameters Annex III AIII Contents*.
- Shukla, A. K., Sudhakar, K., Baredar, P. (2017). Renewable energy resources in South Asian countries: Challenges, policy and recommendations. *Resource-Efficient Technologies*, 3 (3), 342-346. <https://doi.org/10.1016/j.reffit.2016.12.003>
- Sovacool B. K., & Walter, G. (2018). Major hydropower states, sustainable development, and energy security: Insights from a preliminary cross-comparative assessment. *Energy*, 142, 1074-1082. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.085>
- STEEP. (n.d.). Support and Training for an Excellent Energy Efficiency Performance. Retrieved May 11, 2020, from <http://www.steep.eu/>
- Suresh, N. S., & Rao, B. S. (2017). Solar energy for process heating: A case study of select Indian industries. *Journal of Cleaner Production*, 151, 439-451. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.190>
- Tallaksen, J., Bauer, F., Hultheberg, C., Reese, M., & Ahlgren, S. (2015). Nitrogen fertilizers manufactured using wind power: greenhouse gas and energy balance of community-scale ammonia production. *Journal of Cleaner Production*, 107, 626-635. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.130>
- Thornley, P., Gilbert, P., Shackley, S., & Hammond, J. (2015). Maximizing the greenhouse gas reductions from biomass: The role of life cycle assessment. *Biomass and Bioenergy*, 81, 35–43. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.05.002>
- Troldborg, M., Heslop, S., & Hough, R. L. (2014). Assessing the sustainability of renewable energy technologies using multi-criteria analysis: Suitability of approach for national-scale assessments and associated uncertainties. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 1173–1184. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.160>
- Tsoutsos, T., Drandaki, M., Frantzeskaki, N., Iosifidis, E., & Kiosses, I. (2009). Sustainable energy planning by using multi-criteria analysis application in the island of Crete. *Energy Policy*, 37(5), 1587–1600. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.12.011>
- VID. (2020). Akcīzes nodokļa likmes. Retrieved May 4, 2020, from <https://www.vid.gov.lv/lv/akcizes-nodokla-likmes-0>
- Wang, H., Duanmu, L., Lahdelma, R., & Li, X. (2017). Developing a multicriteria decision support framework for CHP based combined district heating systems. *Applied Energy*, 205, 345–368. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.016>
- Wang, J. J., Jing, Y. Y., Zhang, C. F., & Zhao, J. H. (2009, December 1). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, pp. 2263–2278. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.06.021>
- Wang, Y., Yan, W., Zhuang, S., & Zhang, Q. (2019). Competition or complementarity ? The hydropower and thermal power nexus in China. *Renewable Energy*, 138, 531-541. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.01.130>

2.3. ATJAUNOJAMĀS ENERĢIJAS IZMANTOŠANAS IESPĒJAS PAKALPOJUMU SEKTORĀ

Pakalpojumu sektora nozīme pēdējās desmitgadēs aizvien turpina palielināties padarot to par vienu no galvenajiem IKP veicinātājiem gan attīstītajās gan arī jaunattīstības valstīs (Poza et al., 2018). Pakalpojumu nozarē ietilpst dažādas nozares, izņemot primārās un sekundārās rūpniecības nozares. Pakalpojumu sektorā var ietilpt, piemēram, vairumtirdzniecība un mazumtirdzniecība, viesnīcu nozare t.sk. izmitināšana un ēdināšana, informācijas tehnoloģiju pakalpojumi, finanses, nekustamo īpašumu, nomu un biznesa pakalpojumi, zinātniskās pētniecības un tehnoloģiju pakalpojumi, izglītības, veselības nozares, sociālie pakalpojumi, kultūra, sports un izklaide, kā arī sabiedrības organizācijas, starptautiskās organizācijas, lauksaimniecība, mežsaimniecība, lopkopība un zivsaimniecība (Zhang & Lin, 2018).

Saskaņā ar dažādiem starptautiska mēroga pētījumiem pakalpojumu sektors pakāpeniski kļūst par nodarbinātības ziņā lielāko sektoru (Xiao et al., 2018). Novērtēts, ka 2016. gadā pakalpojumu sektors veidoja 65,08% no pasaules IKP (Wang et al., 2020).

Kīna

Novērtēts, ka Ķīnā pakalpojumu sektors šobrīd īpatsvara ziņā atzīts par dominējošo sektoru. Saskaņā ar Ķīnas centrālās valdības politikas pamatnostādņem pakalpojumu sektors kļuvis par Ķīnas jaunās ekonomikas attīstības veicinātāju. Ņemot vērā Ķīnas pakalpojumu sektora attīstību vienlaikus pieaug arī radītās emisijas un līdz ar to oglekļa emisiju samazināšanas pasākumi pakalpojumu nozarē ir nonākuši gan zinātnieku gan valdības uzmanības lokā (Wang et al., 2020). Aprēķināts, ka pakalpojumu nozare 2017. gadā Ķīnā veidoja 52% no iekšzemes kopprodukta (Hu, Zhou & He, 2019).

Par noteicošajām pakalpojumu sektora apakšnozarēm tiek uzskatīti biroju pakalpojumi, kas veido ievērojumu enerģijas patēriņa daļu un preču tirdzniecība (Xing et al., 2018). Saskaņā ar ESAO/ IEA pakalpojumu nozare galvenokārt veido 9% no kopējā enerģijas gala patēriņa un 12% no kopējām radītajām oglekļa emisijām (Zgang & Lin, 2018).

Attiecībā uz pakalpojumu sektora īpatsvaru Eiropā novērtēts, ka pēdējos gados pakalpojumu nozare Eiropas Savienībā veido aptuveni divas trešdaļas no kopējās produkcijas un četras piektdaļas no kopējiem izaugsmes rādītājiem (Voulis et al., 2017).

2.3.1. Atjaunojamās enerģijas iekļaušana pakalpojumu sektora konkrētās nozarēs

Pētījumos aprēķināts, ka pieprasījums pēc pakalpojumu sektora attīstītajās valstīs atkarībā no valsts šobrīd veido vienu ceturtdaļu līdz vienu trešdaļu no kopējā enerģijas pieprasījuma. Šobrīd novērtēts un tiek prognozēts, ka saistībā ar sektoriālo pieprasījumu 2050. gadā pakalpojumu un mājsaimniecības sektora pieprasījuma īpatsvars palielināsies līdz pat 40% (Voulis et al., 2017).

2.3.2. Atsevišķu pakalpojuma nozaru raksturojums

2.3.2.1. Tūrisms

Tūrisma sektors pētījumos novērtēts kā viens no lielākajiem emisiju radītājiem un līdz ar to tūrisma nozarei ir būtiska loma siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanā kā vienu no iespējamiem risinājumiem izmantojot atjaunojamās enerģijas resursus (Coles, Dinan & Warren, 2016).

2.3.2.2. Viesnīcu nozare

Pastāv uzskats, ka pakalpojumu sektoram salīdzinājumā ar rūpniecības sektoru ir mazāka ietekme uz vidi, tomēr pētījumos pierādīts, ka tieši pakalpojumu sektors no netiešām darbībām rada ievērojamu oglekļa emisiju apjoma īpatsvaru. Apzināts, ka viesnīcu nozarē lielāko izmaksu īpatsvaru veido enerģijas patēriņš (Pace, 2016).

Ņemot vērā, ka viesnīcu sektors veido ievērojamu enerģijas patēriņu un tiek radītas emisijas, būtu nepieciešams domāt par risinājumiem, lai veicinātu kopējā enerģijas patēriņa samazināšanu, un atjaunojamo energoresursu tehnoloģiju ieviešanu viesnīcu nozarē. Apzināts, ka viesnīcu nozarei ir ievērojams potenciāls samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas, investējot atjaunojamās enerģijas tehnoloģijās ar mērķi ražot elektroenerģiju.

Novērtēts, ka viesnīcu ēkas ir vienas no energoietilpīgākajām, jo nepieciešams nodrošināt nepārtrauktu gaisa kondicionēšanu, telpu apsildi un karstā ūdens padevi, kā arī citus pakalpojumus, kuriem nepieciešama enerģija. Līdz ar to atjaunojamās enerģijas izmantošana uzskatāma par efektīvu veidu, lai nodrošinātu ilgtspējīgu enerģiju un samazinātu viesnīcu sektora enerģijas patēriņu. (Dhirasasna, Becken, & Sahin, 2020). Pastāv pētījumi, kuros norādīts, ka viesnīcu nozarē ieviešot atbilstošus energoefektivitātes pasākumus iespējams samazināt enerģijas patēriņu par 20% un vairāk. Pētījumos novērtēts, ka vienlaicīgi izmantojot kombinēto dzesēšanas, apkures un elektroenerģijas (CCHP) sistēmu iespējams ievērojami samazināt primāro patēriņu un uzlabot energoefektivitāti.

Pētījumos apzināts, ka viesnīcu nozarē no atjaunojamās enerģijas avotiem darbības nodrošināšanai iespējams izmantot: dažāda tipa siltumsūkņus, saules paneļus, saules enerģijas absorbcijas dzesētājus, biomasas katlus, mikro hidroenerģiju, kā arī neliela mēroga vēja turbīnas. Viesnīcu sektorā atjaunojamās enerģijas avotus iespējams izmantot dažādu funkciju nodrošināšanai. Par lielākajiem enerģijas patērētājiem uzskatāma dzesēšana, karstā ūdens un apkures nodrošināšana, kā arī apgaismojums (Mardani et al., 2016).

Nepālas tūrisma sektorā par prioritāti noteikta atjaunojamās enerģijas - saules, vēja vai hidroenerģijas nodrošināšana attālākos un kalnainākajos reģionos, kur izvietotas naktsmītnes, tādā veidā nodrošinot ilgtspējīgu un drošu enerģijas piegādi (Nepal et al., 2019).

2.3.2.3. Sabiedriskās ēdināšanas nozare

Pārtikas nozare ir uzskatāma par lielāko enerģijas patērētāju un siltumnīcefekta gāzu emisiju radītāju. Pēdējā desmitgadē sabiedriskās ēdināšanas pakalpojumu īpatsvars ir ievērojami pieaudzis un līdz ar to arī radītas emisijas šajā nozarē, jo cilvēki aizvien vairāk patērē pārtiku ārpus to dzīvesvietām.

Sabiedriskās ēdināšanas nozare parasti tiek iedalīta sabiedriskās ēdināšanas pakalpojumu sektorā vai sabiedriskajā ēdināšanā, kas balstīta uz konkrētiem līgumiem, piemēram, ēdnīcas darba vietās, skolās, slimnīcās un uz peļņu orientētās kafejnīcās, restorānos vai ātrās ēdināšanas ķēdēs. Aprēķināts, ka sabiedriskās ēdināšanas sektora nozarē strādā 600 000 cilvēku visā Eiropā un katru gadu tiek nodrošinātas aptuveni 6 miljardi ēdienreizi.

Būtiskākie sektori, kuriem tiek nodrošināts lielākais pārtikas resursu apjoms ir veselība nozare (42,7% no visām pasniegtajām maltītēm), tad seko izglītības sektors (31,4% no visām pasniegtajām maltītēm) un uzņēmējdarbība un rūpniecība (17,8% no kopējām pasniegtajām maltītēm). Sabiedriskās ēdināšanas pakalpojumi ir novērtēti kā nozare, kurā iespējams sasniegt būtisku vides uzlabojumu publiskajā sektorā (Mistretta et al., 2019).

2.3.3. Saules enerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā

Pēdējos gados saules enerģija pakalpojumu nozarē tiek izmantota aizvien plašāk, balstoties uz publikācijās pieejamo informāciju saules enerģija tiek izmantota tūrisma nozarē, ofisa pakalpojumu ēkās, kā arī iespējams atrast informāciju par saules enerģijas sistēmu izmantošanu sabiedrisko iestāžu t.sk. skolu siltumenerģijas un elektroenerģijas nodrošināšanai (Navratil et al., 2019).

2.3.3.1. Saules paneļu un saules kolektoru izmantošanas iespējas

Tūrisma nozare

Apmeklētāju izvēlētās atjaunojamās enerģijas iespējas “zaļajās” viesnīcās

Apzināts, ka tūrisma sektors veido lielu enerģijas patēriņu un viesnīcas ir atbildīgas par ievērojamu enerģijas patēriņu un oglekļa dioksīda emisiju daļu tūrisma nozarē. Viesnīcu pakalpojumu augsta komforta un kvalitātes garantija rada lielu enerģijas un ūdens patēriņu. Enerģijas patēriņš tūrismā ir lielāks nekā citur, un tas mainās atkarībā no reģiona un apmeklētāju struktūras. Viesnīcu ēkām ir lielāks enerģijas patēriņš nekā citiem sabiedrisko ēku veidiem. Novērtēts, ka viesnīcām un citām izmitināšanas vietām ir augsts potenciāls kļūst par ideālām alternatīvo enerģijas avotu izmantošanas vietām. Izmitināšanas vietās nereti tiek izmantoti kombinētie atjaunojamās enerģijas avoti, apvienojot dažādu energoresursu iespējas (Navratil et al., 2019).

Viesnīcu operatori ieteikts samazināt elektroenerģijas patēriņu, īstenojot enerģijas pārvaldības programmas, kuru pamatā ir augsto tehnoloģiju enerģijas taupīšanas iekārtas. Enerģiju taupošu virtuves aprīkojumu un atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas iespējams izmantot viesnīcās, lai samazinātu enerģijas patēriņu, un, lai taupītu ūdeni iespējams izmantot zemas plūsmas dušas galvas. Novērtēts, ka viesnīcās saules kolektorus iespējams izmantot sanitārā karstā ūdens ieguvei, peldbaseinu apsildes nodrošināšanai un dzesēšanas funkcijas nodrošināšanai (Chan, Okumus & Chan, 2020).

Chan et al. (2008) izpētīja saules enerģijas kontroles logu plēvi kā enerģijas taupīšanas ierīci viesnīcās Ķīnas dienvidos (Coles, Dinan & Warren, 2016).

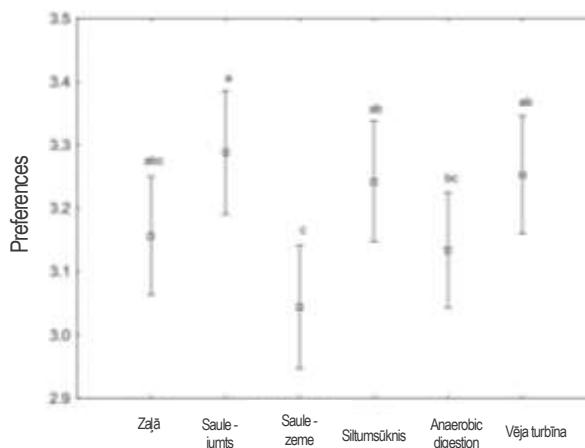
Viesnīcas ir viens no energoietilpīgākajiem ēku veidiem. Klusā okeāna gāzes un elektriskās ēdināšanas pakalpojumu centrs (FSTC) atklāja, ka “viesnīcas ir lielākie enerģijas patērētāji pasaulē”. Tās patērē gandrīz 5 reizes vairāk enerģijas uz m², salīdzinot ar jebkuru citu tirdzniecības ēku, gadā vienā restorānā saražo gandrīz 490 tonnas oglekļa dioksīda (Aomar & Hussain, 2017).

Zaļās viesnīcas, kurās tiek izmantota saules enerģija

Viesnīcu klienti arvien vairāk pieprasa “zaļās” viesnīcas, kuru dizainā tiek iestrādātas vides idejas un iespējas, un pat vairāk maksā par zaļiem produktiem un pakalpojumiem (Chan, Okumus & Chan, 2020).

Viesnīcu nozarē no atjaunojamās enerģijas resursiem tiek izmantotas saules enerģijas tehnoloģijas un jo īpaši saules PV paneļi elektroenerģijas nodrošināšanai un saules enerģijas ūdens sildīšanas sistēmas. Pašlaik uzstādītajās tehnoloģijās bieži tiek apvienota fotoelektriskā enerģija ar ūdens sildīšanu izmantojot saules enerģijas tehnoloģijas (Navratil et al., 2019).

Pētījumā novērtēts, ka cilvēki vairāk izvēlas un akceptē saules enerģijas paneļus, kuri uzstādīti uz jumta nevis tos, kuri novietoti uz zemes. Uz zemes esoši paneļi salīdzinājumā ar citiem atjaunojamās enerģijas avotiem no sabiedrības puses novērtēti kā vismazāk vēlamī (Att. 2.35).



Att. 2.35. Atjaunojamie enerģijas avoti atkarībā no patērētāja izvēles (Navratil et al., 2019)

Griekija

Saskaņā ar valsts tiesību aktos paredzēto Griekijā noteiktās prasības paredz, ka visās jaunbūvēs vai atjaunotajās celtnēs vismaz 60% no nepieciešamā karstā ūdens tiek nodrošināti izmantojot saules enerģijas sistēmas. Novērtēts, ka Griekijā aprēķinātais atjaunojamo energoresursu īpatsvars pakalpojumu sektora ēkās 2015. gadā bija 27%, un 2020. gadā ir plānots sasniegt 39%.

EPC mehānisms Griekijā

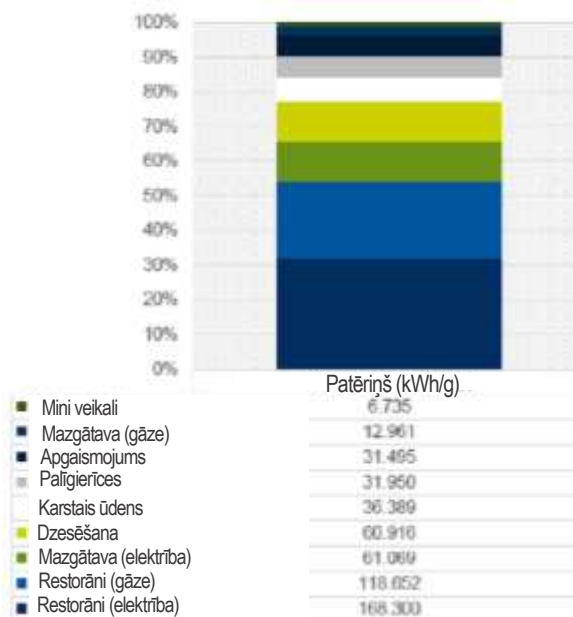
Energoefektivitātes līgumu slēgšana (EPC) ir tāds mehānisms, kas piedāvā integrētu risinājumu tiešajam lietotājam, ieskaitot atjaunojamo energoresursu sistēmu plānošanu, finansēšanu, uzstādīšanu un uzraudzību. EPC mehānisms dod iespēju gala lietotājam veikt energoefektivitātes un atjaunojamās enerģijas pasākumus vienlaikus neveicot ieguldījumus iekārtās.

Griekijas EPC projekti veidoti saistībā ar valstu vai Eiropas Savienības projektiem, kas vērsti uz skolām, vietējo administrāciju, veselības aprūpes sektoru, viesnīcām, kā arī dažādiem nozares uzņēmumiem. EPC projektos kā visizplatītākie atjaunojamo energoresursu veidi tika novērtēti saules enerģijas PV paneļi, elektroenerģijas ražošanai, kā arī saules kolektori karstā ūdens ražošanai un siltumsūkņi.

Pētījumā tika novērtēta trīs pakalpojumu sektorā esošo apakšnozaru enerģijas taupīšanas iespējas kā enerģijas avotu izmantojot saules enerģijas tehnoloģijas. Pētījuma ietvaros tika pārbaudīta atjaunojamās enerģijas energoefektivitātes pasākumu, t.sk. saules enerģijas PV paneļu, siltumsūkņu, uzstādīšana, kā arī novērtēts EPC potenciāls. Trīs pilotpētījumi veikti Krētā un Atēnās, kas reprezentē šos Vidusjūras reģionus (Frangou et al., 2018).

Ģimenes tipa viesnīcu komplekss

Pirmais gadījums ir viesnīca ar sezonālu vasaras darbību, kas sastāv no septiņām ēkām un izmitināšanas spēja ir lielāka par 300 gultām. Tajā ir tādi pakalpojumi kā peldbaseini, baseina bāri, restorāns, tirdzniecības vieta, rotaļu laukums, konferenču zāle, attiecīgi Att. 2.36 arī norādīta informācija par to, kādu enerģijas daudzumu katra no šīm kompleksa vienībām patērē. Pētījumā tika izmantota 50 kWp fotoelektriskā instalācija, kas novietota uz jumta, izmantojot arī EPC mehānismus, kas ļāva viesnīcu kompleksam ietaupīt līdz 21% no elektroenerģijas patēriņa, ieguldīto investīciju atmaksas laiks - 5 gadi. Ņemot vērā uzstādīto maksimālo jaudu un saules starojuma apstākļus, gada enerģijas ietaupījums izmantojot saules enerģijas PV paneļus tika aprēķināts līdz 75 000 kWh/gadā (Frangou et al., 2018).



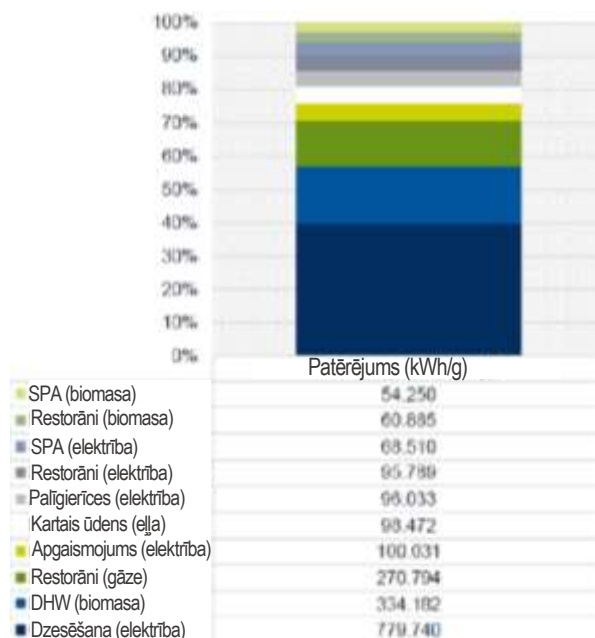
Att. 2.36. Pakalpojumu patēriņa sadalījums ģimenes tipa viesnīcas kompleksā

Rekreācijas komplekss

Otrais gadījums ir 15 ēku komplekss, kas darbojas kā kūrorts un kūrorta viesnīca ar izmitināšanas apjomu 1036 gultasvietas. Rekreācijas kompleksā iekļauti vairāki pakalpojumi, piemēram, spa centrs, pieci apsildāmi peldbaseini, restorāni, bāri, bērnu klubs un Att. 2.37 norādīts nepieciešamais enerģijas patēriņš, lai nodrošinātu kompleksa darbību. Tāpat kā pirmajā gadījumā viens no pirmajiem pasākumiem bija biomasas un eļļas degļu aizstāšana vai biomasas gadījumā daļēja aizstāšana ar siltumsūkņiem, lai nodrošinātu dzesēšanas funkciju un karstā ūdens sagatavošanas prasības.

Rezultāti parādīja, ka tehnoloģiju nomainīgas ietekmē dzesēšanas procesiem nepieciešamais elektroenerģijas patēriņš par 30% samazinājās, savukārt karstā ūdens patēriņš tika samazināts par 89%. Apvienojumā ar siltuma reģenerācijas sistēmu tika novērtēts, ka šis risinājums ļauj samazināt biomasas patēriņu karstajam ūdenim par 70%.

Otrs pētījumā apskatītais atjaunojamās enerģijas pasākums bija ar jaudu 50 kWp PV saules enerģijas sistēmas uzstādīšana uz kompleksa jumta tāpat kā pirmajā apskatītajā gadījumā ar viesnīcu kompleksu. Jāņem vērā, ka rekreācijas kompleksā jau bija uzstādīti esoši saules enerģijas paneļi 144 m² platībā, kas spēja nosegt aptuveni 22,5% no nepieciešamā karstā ūdens pieprasījuma. Pētījumā novērtēts, ka papildus uzstādot vēl saules enerģijas paneļus 170 m² platībā iespējams segt 50% no kompleksam nepieciešamā karstā ūdens pieprasījuma (Frangou et al., 2018).

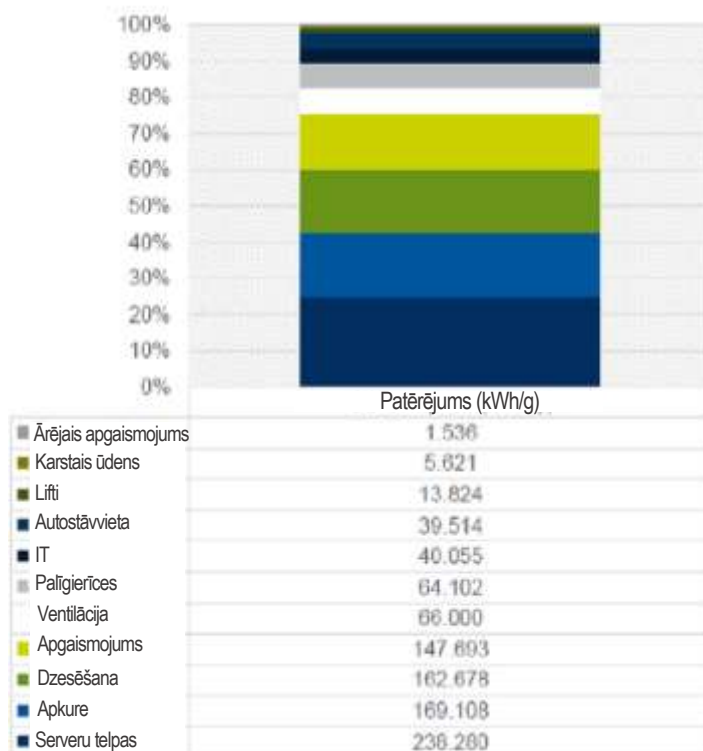


Att. 2.37. Pakalpojumu patēriņa sadalījums rekreācijas kompleksā

Ofisa pakalpojumu ēkas

Trešais pētījumā apskatītais gadījums bija salīdzinoši jauna tipa ofisa pakalpojumu ēka, kas Atēnās uzcelta pēc 2008. gada izmantojot bioklimatiskās arhitektūras pamatprincipus. Attiecībā uz minēto ēku līdz 2020.gadam tika uzstādīts mērķis sasniegt gandrīz nulles enerģijas ēkas statusu izmantojot AER tehnoloģijas. Ofisu ēka sastāv no vairākām vienībām, kuru dabīnāšanai nepieciešams izmantot elektroenerģiju, piemēram, lifti, servera telpas, dzesēšanas iekārtas, apgaismojuma nodrošināšana, ventilācija, IT tehnoloģijas u.c. (Att. 2.38).

Lai sasniegtu uzstādīto mērķi šajā gadījumā tika novērtēta saules enerģijas PV paneļu uzstādīšana uz jumta, uzstādītā jauda - 64 kWp (Frangou et al., 2018).



Att. 2.38. Pakalpojumu patēriņa sadalījums ofisa tipa ēkā

Saskaņā ar pētījumā novērtēto pēc saules PV paneļu uzstādīšanas enerģijas ietaupījums bija 86 700 kWh, kas atbilst 11% no kopējā enerģijas patēriņa gadā ar ieguldīto investīciju atmaksāšanas periodu – 6 gadi. Zemāk esošajā Tabulā 2.27 redzams patērētās enerģijas ietaupījumu apjoms trīs aplūkotajos gadījumos.

Tabula 2.27

Patērētās enerģijas ietaupījums

Ēka	Pilotprojekts 1 – kūrortviesnīca ģimenēm	Pilotprojekts 2 – kūrorts un SPA viesnīca			Pilotprojekts 3 – ofisu ēka
		50 kWp jumta PV sistēma	50 kWp jumta PV sistēma	60 siltumsūkņi ar siltuma atgūšanu	
Mērījuma apraksts	50 kWp jumta PV sistēma	50 kWp jumta PV sistēma	60 siltumsūkņi ar siltuma atgūšanu	Papildu 170 m ² saules enerģijas paneļi	64 kWp jumta PV sistēma
Ikgadējais enerģijas ietaupījums, kWh	75000	75000	1191820	18000	86700
Ieguldījumi, euro	57500	57500	300000	46500	74000
Ekonomiskie ietaupījumi, euro/gadā	10500	10390	73170	18500	10580
% ekonomiskais ietaupījums (pret ikgadējām enerģijas izmaksām)	17	3	23	5	10

Investīciju izmaksas (euro/kWh ietaupījums sistēmas dzīves laikā)	0,04	0,04	0,03	0,02	0,04
Investīciju izmaksas (euro/kgCO ₂ -eq ietaupījums sistēmas dzīves laikā)	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04
Aizdevuma procenti	60 %				
Procentu likme	4,9 %				
EPC aizdevuma atmaksāšanās laiks (gadi)	12	12	10	10	12
EPC projekta ilgums	12	12	10	10	12
Klienta ietaupījumi	5 %				
Projekta vērtējums	A	A	A	A	A
IRR, %	19,8	19,5	28,1	52,8	15,0
NPV, euro	15729	15313	131280	53564	11122
Diskontētās atmaksāšanās laiks	5,0	5,0	4,0	3,0	6,0
Minimālais DSCR	1,9	1,9	2,4	3,6	1,5
Vidējais DSCR	2,8	2,8	3,2	5,2	2,2

Kopumā pētījumā novērtēts, ka atkarībā no veiktā pasākuma un ēkas veida iespējams ietaupīt 3–23% no kopējām gada enerģijas izmaksām. Tāpat atkarībā no šiem faktoriem novērtēts, ka ieguldīto investīciju apjomu iespējams atpelnīt 3 līdz 6 gadu laikā (Frangou et al., 2018).

Izglītības iestāžu sektors

Vienā no Dienvidāfrikā veiktajiem pētījumiem novērtēta vienkāršotas metodes izmantošana atjaunojamās enerģijas hibrīdo sistēmu optimizēšanai skolās. Pētījumi tika veikti, lai iegūtu izpratni par skolas ēku izkārtojumu un enerģijas izmantošanu (Gerber, Rix & Booyesen, 2019).

Apzināts, ka Dienvidāfrikā sabiedrības izglītībai tiek atvēlēts lielākais valsts budžets, kas 2018. bijis 240 miljardi. Gandrīz 75% no piešķirtā budžeta novirzīti kompensācijām darbiniekiem, savukārt mazāk par 10% piešķirti subsīdijām un jauno skolu celtniecības infrastruktūrai. Novērtēts, ka šo daļu būtu iespējams novirzīt atjaunojamās enerģijas tehnoloģiju ieviešanai, piemēram, saules enerģijas un viedajām tehnoloģijām, kā arī viedajiem tīkliem.

Dienvidāfrikas veiktajā pētījumā vērtēta saules enerģijas paneļu izmantošana apvienojumā ar viedo grafiku, slodzes samazināšanu, lai samazinātu enerģijas patēriņu no tīkla, radītās oglekļa emisijas, maksimālo slodzi un konkrētās skolas elektrības rēķinu. Veiktajā Dienvidāfrikas pētījumā tika vērtēta vairāku enerģijas taupīšanas metožu efektivitāte (Gerber, Rix & Booyesen, 2019).

2.3.3.2. Viedais grafiks un saules enerģijas PV paneļu izmantošana

Saskaņā ar pētījumā norādīto viedajam grafikam jāsabalansē nepieciešamība ierobežot ūdens sildītāja radītos zudumus un nepieciešamība nodrošināt karstā ūdens piegādi, vienlaikus novirzot lieko saules enerģiju uz elektriskajiem ūdens sildītājiem (Ewhs).

Viedais grafiks apvienojumā ar saules enerģijas PV paneļiem un bi-termostatu

Izmantojot šo metodi papildus viedajam grafikam apvienojumā ar saules enerģijas PV paneļiem tiek ieviests arī biotermiskās sildīšanas mehānisms (BiTherm). Elektriskie ūdens sildītāji tiek sildīti līdz dažādām temperatūrām ļaujot saules enerģiju novirzīt uz elektriskajiem ūdens sildītājiem, ja tek uzkrāts enerģijas pārpalikums no iegūtās saules enerģijas. Bi-termostats tiek uzsildīts līdz 50 ° C temperatūrai, lai nodrošinātu siltumenerģiju pārvadīšanai tīklā un 90 ° C temperatūru siltuma nodrošināšanai izmantojot lieko saules enerģiju (Gerber, Rix & Booyesen, 2019).

Pieprasījuma ierobežošana apvienojumā ar saules PV enerģiju un bi-termostatu

Pieprasījuma ierobežošana apvienojumā ar saules PV enerģiju un bi-termostatu tiek novērtēta kā efektīva enerģijas taupīšanas metode, kas kontrolē ūdens elektriskos sildītājus, lai tie neietekmētu kopējo ēkas maksimālo mēneša enerģijas patēriņu. Pētījumā aplūkotās enerģijas taupīšanas metodes norādītas Tabulā 2.28.

Tabula 2.28

Enerģijas taupīšanas metodes

Enerģijas taupīšanas metode	Prioritizēta sildīšana	Liekā siltuma novadīšana	Grafika kontrole	Bi-termostats	Tīkla pieprasījuma ierobežošana
Termostata kontrole	Nav	Nav	Nav	Nav	Nav
Viedā grafika kontrole un saules PV	Ir	Ir	Ir	Nav	Nav
Bi-termālā kontrole un Saules PV	Ir	Ir	Ir	Ir	Nav
Pieprasījuma limitēšanas kontrole un Saules PV	Ir	Ir	Nav	Ir	Ir

Pētījumā izmantoto simulāciju rezultāti

Pētījumā veikta modelēšana izmantojot saules enerģijas PV paneļus izmantojot *System advisor* modeli, ko izstrādājusi Nacionālā atjaunojamās enerģijas laboratorija. Saules enerģijas PV simulācijām tika izvēlēti 110 moduļi ar uzstādīto jaudu 35,2 kWp, nodrošinot vislielāko izmaksu un ieguvumu attiecību. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem uzstādītās saules enerģijas sistēmas izmaksas aprēķinātas - USD 30750, bet skolas ikgadējās izmaksas par patērēto enerģiju tika samazinātas par 24% (USD 15 859) pat neizmantojot viedo grafiku ūdens sildītāja darbības plānošanai (Gerber, Rix & Booyesen, 2019).

Pētījumā novērtēts, ka elektriskajiem ūdens sildītājiem izmantojot viedo grafiku papildu uzlabojumi komunālo pakalpojumu rēķinu samazināšanai no elektrisko ūdens sildītāju plānošanas bija šādi:

1. Izmantojot Saules sistēmu un ūdens elektrisko sildītāju prioritāšu noteikšanas plānotāju, gada enerģijas izmaksas tika pazeminātas līdz 15 558 USD.
2. Ūdens elektrisko sildītāju kontroles sistēmās, izmantojot tīkla apkuri un saules siltumenerģiju, komunālās gada pakalpojumu izmaksas bija 15093 USD.
3. Izmantojot pieprasījuma ierobežošanas kontroles shēmu un ierobežojot maksimālo ūdens elektrisko sildītāju enerģijas patēriņu komunālo pakalpojumu izmaksu ietaupījums gadā bija 14 671 USD, kas bija par 30% mazāk kā salīdzinot ar sākotnējām skolas izmaksām, vienlaikus arī samazinot prognozētās oglekļa emisijas līdz 78 tonnām CO₂ gadā.
4. Pētījumā novērtēts, ka optimāli izmantojot saules enerģijas iespējas maksimālais enerģijas patēriņš mēnesī, ar minimāliem saules enerģijas zudumiem, tika samazināts par 24%.
5. Viedais plānotājs tika ieregulēts skolai nepieciešamā ūdens sildīšanai, vienlaikus novirzot saules enerģijas pārpalikumu uz ūdens sildītājiem, lai izmantotu uzkrātās enerģijas iespējas, vēl vairāk palielinot skolas enerģijas rēķina ietaupījumu - līdz 26% mēnesī (Gerber, Rix & Booyesen, 2019).

2.3.3.3. Koncentrētas saules siltuma sistēmas

Izmantojot saules enerģijas sistēmas iespējams sasniegt vidējas un augstas temperatūras, kas piemērotas elektroenerģijas ražošanai, rūpnieciskam lietojumam, kā arī karstā ūdens iegūšanai vai dzesēšanai, kā arī izmantošanai atsāļošanas nodrošināšanai. Koncentrētas saules siltuma sistēmas tehnoloģiju pamatā tiek izmantots tiešais saules starojums.

Novērtēts, ka šobrīd komerciālā mērogā galvenokārt tiek izmantotas četru veidu saules enerģijas tehnoloģijas: paraboliskā caurule, lineārie *Fresnela* tipa saules koncentratori, saules diski un centrālie uztvērēji. Šobrīd par dominējošo saules enerģijas tehnoloģiju atzīti paraboliskie silēs tipa kolektori. Paraboliskie silēs formas kolektori ir lineāras koncentrētas sistēmas, kas tiešos saules starus jeb saules gaismu koncentrē uz uztvērēja caurulēm. Caur caurulēm tek cirkulēts šķidrums ar augstu siltuma uzkrāšanas spēju, kas savāc saules siltumenerģiju (Drosou, Kosmopoulos & Papadopoulos, 2016).

2.3.3.4. Ofisu pakalpojumi

Griekija

Apzināts, ka Griekijai ir augsts potenciāls saules enerģijas izmantošanai, kas lielā mērā saistāms ar tās labvēlīgajiem klimatiskajiem apstākļiem. Griekija novērtēta kā viena no dominējošajām valstīm saules enerģijas sistēmu izmantošanā karstā ūdens nodrošināšanai izmantojot saules kolektorus, galvenokārt tiek izmantoti plakanie plāksņu kolektori ar akumulācijas tvertnēm. Griekijā darbojas saules dzesēšanas sistēmas ar kopējo uzstādīto dzesēšanas jaudu aptuveni 1 500 kW. Novērtēts, ka Griekijā visintensīvāk ir būvniecības nozare patērējot vairāk nekā 66% no saražotā gala enerģijas daudzuma.

Pētījumā Griekijā esošajām biroju tipa ēkām Atēnās un Salonikos tika novērtēta integrētas saules dzesēšanas sistēmas, izmantojot paraboliskus zemos saules kolektorus, ieviešana ēku dzesēšanas vajadzībām. Saules enerģijas dzesēšanas sistēmas iespējams izmantot vai nu kā atsevišķas sistēmas vai kombinācijā ar tradicionālajām dzesēšanas sistēmām (Drosou, Kosmopoulos & Papadopoulos, 2016).

Pētījumā kā saules enerģijas tehnoloģijas tika izmantoti paraboliskie saules kolektori, kā arī divpakāpju tvaika dzesētājs ar nominālo dzesēšanas jaudu 1,163 kW. Pētījumā izmantojot modelēšanas metodes tika vērtēta ēkas termiskā "uzvedība" ar mērķi izstrādāt ēkas ikdienas enerģijas gada patēriņa prognozes dzesēšanas procesa nodrošināšanai no aprīļa līdz oktobrim, kas parasti ir tradicionālais dzesēšanas periods biroja ēkām. Atēnās esošajā biroja ēkā dzesēšanas funkciju nodrošināšanai tika izmantoti plakanie plāksņu kolektori un ar saules enerģiju darbināms vienpakāpes dzesētājs. Saskaņā ar pētījuma modelēšanas rezultātiem tika iegūts, ka paraboliskā kolektora siltumenerģijas jauda uz m² ir 755,7 kWh/ m² (Drosou, Kosmopoulos & Papadopoulos, 2016).

2.3.3.5. Enerģijas atgūšanas iespējas no notekūdeņiem

Citas enerģijas ieguves iespējas izmantojot saules enerģijas tehnoloģijas ietver siltumenerģijas atgūšanu no notekūdeņiem, kas galvenokārt jau ir attīrīti. Enerģijas atgūšanai no notekūdeņiem tiek izmantoti siltumsūkņi un elektroenerģija tiek iegūta izmantojot saules PV paneļus (Power, McNabola & Coghlan, 2014).

2.3.4. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā

Salīdzinājumā ar citiem atjaunojamās enerģijas avotiem saistībā ar vēja izmantošanas iespējām pakalpojumu sektorā publikācijās atrodams neliels informācijas daudzums, kas lielā mērā varētu būt saistīts, ar to, ka pakalpojumu sektors pēc savas būtības ir publiskais sektors, savukārt vēja enerģijas izmantošana saistās ar vēja turbīnu uzstādīšanu par kuru attiecīgajām mērķa grupām pastāv strīdīgi uzskati. Kādā no pētījumiem novērtēts, ka pakalpojumu sektorā kā enerģijas avotu izmantojot vēja enerģiju pamatojoties uz enerģijas ieguves apjomu iespējams nodrošināt efektīvu enerģijas ieguvu un atsevišķos gadījumos vēja enerģijas tehnoloģijas tiek novērtētas kā izdevīgākas salīdzinājumā ar saules enerģijas izmantošanu. Vēja enerģijas izmantošanas iespēju trūkumi saistās ar enerģijas pārtraukumiem nepietiekama vēja apstākļos, tomēr kā risinājumu iespējams izmantot vēja enerģijas izmantošanu kombinācijā ar citiem atjaunojamās enerģijas veidiem, kas spēj kompensēt iztrūkumus vai arī veidot uzkrāšanas sistēmas.

Visvairāk informācijas par vēja izmantošanas iespējām atrodamas attiecībā uz tūrisma sektoru, kur vēja enerģijas tehnoloģiskās iekārtas nereti kalpo arī kā tūrisma piesaistes objekts, īpaši piekrastēs (Navratil et al., 2019).

2.3.4.1. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas tūrisma jomā

Vēja enerģija kā enerģijas avots nereti tiek izmantota viesnīcās, viesu namos, kuri savā domāšanā orientējas uz ilgtspējību. Tāpat arī "zaļajās viesnīcās" tiek izmantota "zaļā" tarifa enerģija - viesnīcas izmanto elektrību no elektrotīkla, kas iegūta no atjaunojamiem resursiem, kas bieži vien ir arī vēja enerģija (Navratil et al., 2019). Novērtēts, ka vēja parki paši par sevi var piesaistīt tūristus un veicināt tūrisma nozares attīstību (Smith et al., 2018). Vēja turbīnu ģeneratori tiek uzskatīti par "zaļāko" veidu, kāda iespējams ražot elektroenerģiju tūristu papildītās piekrastēs pat, ja arī vēja ātrums vērtējams kā mērens (Navratil et al., 2019).

2.3.5. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā

Ģeotermālo enerģiju plaši iespējams izmantot tūrisma nozarē. Pēc izmantošanas veida ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas iespējams iedalīt divos galvenajos veidos - elektroenerģijas ražošanai, kur nepieciešamā temperatūra ir virs 150 °C un telpu apkurei, kur atbilstošā temperatūra atrodas zem 150 °C. Papildus ģeotermālā enerģija rekreācijas sektorā tiek izmantota terapeitiskiem mērķiem. Pēc izmantoto metožu veida galvenokārt tiek izmantotas divas siltuma ieguves metodes - atvērtās un slēgtās cilpas sistēmas (Galgaro et al., 2015).

2.3.5.1. Tūrisma nozare

Itālija

Eigānes termiskais baseins novērtēts kā viena no ievērojamākajām termiskās un dubļu ārstniecības vietām pasaulē.

Vairāk nekā 250 viesnīcas katru gadu piedāvā viesmīlības pakalpojumus vairāk nekā 3 miljoniem tūristu. Gandrīz katrai viesnīcai un spa pieder ģeotermālais urbums, kas atrodas aptuveni 50 līdz 200 m dziļumā zem zemes, nodrošinot karstā ūdens ieguvu 60-87 °C temperatūrā.

Abano Terme novērtēts kā ievērojams komplekss Itālijā, kas sastāv no vairāk nekā simts viesnīcām un kūrortiem, kas veltīti veselībai un rekreācijai. *Abano Terme* ēku kompleksam tiek izmantota slēgtās cilpas ģeotermālā sistēma, lai nodrošinātu apkuri. Novērtēts, ka ņemot vērā, ka minimālā temperatūra, pie kuras iegūtais termālais ūdens var tikt izmantots terapeitiskām vajadzībām, ir ap 60 grādiem, pētījumā analizētais Borhola siltummaiņu bloks ir piemērots un ilgtspējīgs risinājums izmantošanai viesnīcu spa vajadzībām. Šajā pētījumā iegūtie rezultāti liecina par Borhola siltummaiņu bloka (Borehole Heat Exchangers) potenciālu un augsto ilgtspējības līmeni izmantošanai siltumapgādes vajadzībām dažādās pasaules vietās ar seku ģeotermālo anomāliju, piemēram, Eigānes (Euganean) termālajā baseinā (Galgaro et al., 2015).

2.3.5.2. Termālie baseini

Ģeotermālie ūdeņi ir izmantojami tūrisma un rekreācijas vajadzībām. Rekreācija un tūrisms ir otrs izplatītākais ģeotermālo ūdeņu izmantošanas veids aiz siltumenerģijas ieguves un enerģijas ražošanas. Ģeotermālo ūdeņu balneoterapeitiskā potenciāla dēļ, pasaules līmenī 25 % no tiem tiek izmantoti peldvietās un veselības aprūpes iestādēs. Pasaules Enerģētikas padome norādījusi, ka ģeotermālo resursu izmantošana spa centros un balneoloģijā (terapeitiskās ģeotermālā ūdens procedūrās) 75 valstīs ir aptuveni 50 miljardu dolāru vērts business. Šajā pētījumā uzmanība tiek pievērsta ģeotermālajiem resursiem, ko izmanto Polijas spa rekreācijas centros un tūrisma infrastruktūrā.

Ģeotermālo ūdeņu rekreācijas un labsajūtas business atvasinājies no ģeotermālo resursu primārās funkcijas, enerģijas ražošanas. Apzināts, ka ģeotermālajā enerģijā balstīts tūrisms tiek uzskatīts par vietējās attīstības neatņemamu sastāvdaļu. Pašvaldības, kurās ir ģeotermālie spa centri izceļ to nozīmi darba vietu radīšanā un ieguldījumu vietējā budžetā, ko nosaka piedāvātie pakalpojumi un jaunā tūrisma specializācija. Ģeotermālo centru ieviešana veicina pašvaldības socioekonomisko attīstību (Kurek et al., 2020).

Polija

Novērtēts, ka Polijā ģeotermālie rekreācijas centri ir otrs izplatītākais resursu izmantošanas veids pēc energoapgādes. Polijā 2018. gadā bija 15 ģeotermālo ūdens parku, kas vai nu tika izveidoti blakus pašvaldībām esošajām ģeotermālajām iekārtām vai uzņēmumiem ar savu infrastruktūru. Ģeotermālie kūrorti kā papildus funkciju veido vietējo tūrisma potenciālu (Kurek et al., 2020).

2.3.5.3. Termālo avotu izmantošanas iespējas

Ģeotermālā enerģija, salīdzinot ar citiem atjaunojamajiem energoresursiem un tehnoloģijām, ir energoresurss, kura galvenā priekšrocība ir netraucēta pieejamība 24 stundas diennaktī.

Serbija

Ģeotermālās enerģijas jaudas ziņā Serbija ir viena no 36 vadošajām valstīm pasaulē. Lai sasniegtu Eiropas Savienības izvirzīto mērķi līdz 2020. gadam sasniegt 27 % atjaunojamās enerģijas elektroenerģijas ražošanā, ģeotermālo, atjaunojamo energoresursu izmantošana īpaši jāveicina būtu *Kopaonik* tūrisma reģionā un līdzīgos reģionos, kur dabas apstākļi bijuši labvēlīgi daudzu termālo avotu attīstībai. Ģeotermālā enerģija Serbijā izmantota 104,5 MWt apjomā, attiecīgi 1714 TJ/gadā. No tiem 24,1 MW attiecināmi uz *Pannonian* baseinu, tomēr tā ģeotermālais potenciāls ir ievērojami augstāks.

Novērtēts, ka Serbijā 2013. gadā kopumā bija uzstādīti vairāk nekā 700 siltumsūkņi ar kopējo jaudu 11 MWt, kas attiecīgi ir 88,45 TJ/gadā. Galvenokārt tie tiek izmantoti komerciālo un dzīvojamo ēku apsildīšanai tādās pilsētās kā Belgrada, Novisada un Nisa. Galvenie ģeotermālās enerģijas izmantošanas veidi Serbijā ir balneoloģija un rekreācija. Serbijā ir 59 spa centri, kuros izmanto termālos ūdeņus balneoloģijai, sportam un rekreācijai.

Serbijā ir aptuveni 240 dabisko termālo avotu, kuros temperatūra ir augstāka par 15 °C. No visiem termālajiem avotiem 90 % atrodas līdz 600 m virs jūras līmeņa. Ģeotermālā enerģija galvenokārt tiek

izmantota rehabilitācijas centru apsildīšanai (Vranjskas, Niškas, Ribarskas un Sirejinskas spa centros) un viesnīcās (Vranjskas, Niškas, Ribarskas un Prolomas spa). Avoti ar augstākajām temperatūrām atodas Vranjskas spa centrā (96 °C), Jošaničkas spa centrā (78 °C), Sijarinskas spa centrā (76 °C), Kuršumlijskas spa (68 °C) un Novopazarskas spa centrā.

Kopaonikas tūrisma reģionā ir daudz termālo-minerālo avotu ar temperatūru, kas svārstās no 21 līdz 78,7 °C. Galvenais pētījuma mērķis bija noteikt 19 termālo avotu jaudu, siltumenerģiju un enerģijas potenciālu četros šī reģiona spa centros. Kopaonikas tūrisma reģionā esošajiem termālajiem avotiem novērtēts liels siltumenerģijas potenciāls. Kopējā aprēķinātā siltumenerģija ir 758,51 TJ/gadā, savukārt siltumenerģijas jauda ir 24,1 MW. Termālie avoti šajā reģionā veido 9,06 % no pieņemtā ģeotermālās enerģijas potenciāla Serbijā un 7,53 % no siltumenerģijas, kas savukārt samazina CO₂ emisijas un pozitīvi ietekmē vides kvalitāti. Pētījumā novērtēts, ka izmantojot ģeotermālo siltumenerģiju ir iespējams samazināt izmaksas par patērēto siltumenerģiju (Ristić et al., 2019).

Saskaņā ar pētījuma rezultātiem visu termālo ūdeņu kopējā aprēķinātā siltumenerģijas jauda bija 24,1 MW, robežās no 0,49 MW līdz 8,43 MW. Kopējā aprēķinātā siltumenerģija ir 758,51 TJ/gadā, robežās no 14.13 TJ/gadā līdz 265.91 TJ/gadā. Kopējā termālo avotu plūsma Kopaonikas tūrisma reģionā ir aptuveni 195,8 kg/s. Salīdzinot ar kopējo Serbijā izmantoto ģeotermālo enerģiju, šajā reģionā esošie termālie avoti veido 44,25 %. Salīdzinot ar izmantoto siltumenerģiju, tie veido 23,06 % (Ristić et al., 2019).

Termālie ūdeņi, kuru temperatūra svārstās no 64 °C līdz 67 °C apsilda divas viesnīcas un rehabilitācijas centrus, kas atrodas Lukovskas spa. Viena no izmantošanas iespējām ir termālo avotu tuvumā esošo viesnīcu un rehabilitācijas centru apsildīšana gada aukstajā laikā. Tas sniegtu daudzus ieguvumus, kas samazinātu siltumapgādes izmaksas, kā arī uzlabotu ekoloģisko tēlu un tūrisma spa centru tirgus rādītājus (Ristić et al., 2019).

2.3.5.4. Peldbaseini

Ģeotermālā enerģija veido mazāk kā 1 % no pasaulē saražotās enerģijas. Ģeotermālie ūdeņi tiek izmantoti dažādām vajadzībām atkarībā no ūdens temperatūras, ieskaitot elektroenerģijas ražošanu, kas ir nozīmīgākais izmantošanas veids ģeotermālajiem resursiem ar augstu temperatūru (>120 °C). Atjaunojamajos energoresursos balstītas tehnoloģijas var būt izdevīgs risinājums peldbaseinu apsildīšanai, kas augstā enerģijas pieprasījuma dēļ citādi var veidot ievērojamas izmaksas.

Zemas entalpijas ģeotermālās stacijas nepieprasa īpašus vides apstākļus un siltumenerģiju uzkrāj zemes dziļēs. Ziemā siltumenerģija tiek pārvadīta uz virsmu, savukārt vasarā siltuma pārpalikumi no ēkām tiek ievadīti zemē. Izmantojot ģeotermālos siltumsūkņus, siltumenerģiju iespējams izmantot tiešā veidā, dzesēšanas šķidrums apmainoties ar enerģiju ar zemes siltumenerģiju.

Kombinētās sistēmas – lai stacija būtu videi draudzīgāka un energoefektīvāka, to iespējams kombinēt ar saules enerģijas PV paneļiem, kas ražo siltumsūkņim nepieciešamo enerģiju. Tā pat saules PV enerģiju iespējams izmantot ēku dzesēšanai, siltumsūkņim darbojoties apgrieztā procesā.

Peldbaseina apsildes izmaksas iespējams krasi samazināt, izmantojot aktīvu sistēmu, kuras pamatā ir atjaunojamie enerģijas avoti. Atmaksas laiks ir mazāks par 5 gadiem (Barbato et al., 2018).

Itālija

Peldbaseina, kas atrodas Campi Flegrei apgabalā (Neapoles apkārtnē, Itālija), enerģijas patēriņu nodrošina ģeotermālā enerģija. Campi Flegrei uzskatāma par ļoti izdevīgu un piemērotu vietu ģeotermālo tehnoloģisko iekārtu uzstādīšanai zemā vai vidējā temperatūrā. Peldbaseins atrodas Itālijas dienvidos un izstrādātā ģeotermālā sistēma ir ar zemu un vidēju entalpiju. Ģeotermālās ieguves potenciāla izmantošanas iespējas novērtētas izmantojot kombinēto ģeotermālo sūkni vai enerģijas generatoru. Sistēmas izmantošanas galvenā priekšrocība saistās ar nelielu ietekmi uz vidi. (Barbato et al., 2018).

2.3.5.5. Ģeotermālās enerģijas izmantošana dzesēšanas procesos

Griekija

Griekijā veiktajā pētījumā tika novērtētas dzesēšanas un apkures iespējas Atēnās esošajā 2008. gadā celtajā biroja ēkā, kas celta vadoties no bioklimatiskās arhitektūras pamatprincipiem. Ēkā tika veikti vairāki energoefektivitātes celšanas un atjaunojamās enerģijas pasākumi, piemēram, dzesēšanas nodrošināšana izmantojot ģeotermālās enerģijas avotu (Barbato et al., 2018).

2.3.6. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā

Attiecībā uz hidroenerģijas izmantošanu apzināts, ka kopumā hidroenerģijas īpatsvars globāli veido aptuveni 25% no kopējā atjaunojamo enerģijas avotu īpatsvara un lielākais novērtētais hidroenerģijas izmantošanas potenciāls ir Ķīna, Āfrika, Latīņamerikai un Āzijas dienvidaustrumiem. Aprēķināts, ka kopējais tirgus potenciāls ekonomiski pamatotu hidroenerģijas projektu jomā ir 9500 TWh (Hauer et al., 2018).

Aprēķināts, ka šobrīd aptuveni 17% no visas saražotās elektroenerģijas tiek balstīta uz ūdens resursiem un ūdens kā atjaunojamās enerģijas izmantošanas resurss veido aptuveni 70%. Elektroenerģijas ražošana, izmantojot hidroresursus, nodrošina ilgtspējīgu enerģijas patēriņu neveicinot siltumnīcefekta gāzu emisijas, kā arī izmantošana novērtēta ar zemām ekspluatācijas un uzturēšanas izmaksām (Alam et al., 2017). Neskatoties uz to attiecībā uz pakalpojumu sektoru publikācijās atrodama neliels informācijas daudzums par hidroenerģijas resursu izmantošana tieši šajā sektorā, kas lielā mērā varētu būt saistāms ar cilvēka faktoru un to uzskatiem par nelabvēlīgo ietekmi uz vidi.

2.3.6.1. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas

Hidrauliskās turbīnas nereti tiek uzstādītas esošajās hidroelektrostacijās un to izmantošana var būt daudzfunkcionāla. Hidroenerģiju iespējams izmantot kopā ar citiem atjaunojamiem enerģijas avotiem, piemēram, Korejas rūpnieciskās apstrādes iekārtā kā enerģijas avoti tika izmantoti saules kolektori ar jaudu 10 kW, 10 kW hidroenerģijas turbīnas, kā arī 25kW siltumsūkņi. Aprēķināts, ka hidroelektrostacija veido aptuveni 0,75% no kopējā nepieciešamā enerģijas daudzuma rūpnieciskās apstrādes iekārtā un tiek ietaupītas aptuveni 32 tonnas CO₂/gadā.

Nonas rūpnīcā, Šveicē, kas nodrošina rūpniecības pakalpojumus, sākotnēji tika uzstādītas hidroenerģijas turbīnas, kas nodrošināja 220 kW jaudu. Hidroelektrostacija sākotnēji tika projektēta ar plūsmu 0,24 m³/s ņemot vērā iedzīvotāju, apmeklētāju skaita pieaugumu kūrortā ziemas mēnešos. Jaunā turbīna tika projektēta ar caurplūdi 0,1 m³/s, tā rezultātā elektroenerģijas ražošanas apjoms palielinājās par 45% (Power, McNabola & Coghlan, 2014).

2.3.6.2. Enerģijas atgūšana no notekūdeņiem

Pētījumā tika novērtēts kinētiskās enerģijas atgūšanas potenciāls no notekūdeņiem, notekūdeņu attīrīšanas iekārtās izmantojot mikro hidroenerģijas turbīnas (Power, McNabola & Coghlan, 2014).

2.3.6.3. Maza mēroga hidroelektrostacijas

Neliela mēroga hidroelektrostacijas aizvien vairāk tiek vērtētas kā zaļš risinājums, ar nelielu ietekmi uz vidi, kā arī salīdzinoši ar citām tehnoloģijām īsu investīciju atmaksāšanās laiku (Manders et al., 2016).

Islande

Pēdējās desmitgadēs Islandē aizvien straujāk pieaug tūrisms un līdz ar to arī elektroenerģijas patēriņš. Pētījumā tika vērtēti priekšlikumi saistībā ar hidroelektrostaciju attīstību divās vietās Islandē - Villinganes un Skatastaðir. Pētījuma mērķis bija novērtēt trīs elektrostaciju potenciālo ietekmi uz rekreācijas iespējām un tūrisma attīstību.

Valsts austrumu pusē atrodas viena no lielākajām Islandes hidroelektrostacijām – Kárahnjúkavirkjun.

Saskaņā ar veiktā pētījuma rezultātiem t.sk. veiktajām aptaujām vairākums no aptaujātajiem uzsvēra hidroelektrostaciju iespējamo negatīvo ietekmi uz dabisko vidi, kā rezultātā varētu būt sagaidāma nelabvēlīga ietekme uz tūristu aktivitāti attiecīgajā reģionā (Burns & Haraldsdóttir, 2019).

2.3.7. Biomasas izmantošanas iespējas pakalpojumu sektorā

Biomasu iespējams izmantot siltumenerģijas nodrošināšanai. Pakalpojumu sektorā visvairāk šis atjaunojamās enerģijas avots tiek izmantots ēdināšanas sektorā, kur ēdināšanas uzņēmumos radītais pārpalikumu iespējams izmantot enerģijas ieguvei.

Portugāle

Portugāles termoelektrostacijās izmantotās biomasas kvalitāte un sastāvs ir mainīgs, galvenokārt tiek izmantoti meža atlikumi, kas iegūti veicot mežu apsaimniekošanas pakalpojumus (Matias, Catalão, 2017).

2.3.7.1. Ēdināšanas sektors

Kīna

Ņemot vērā pieaugošo pārtikas patēriņu, pārtikas atkritumu apsaimniekošanas iespējas un turpmākās prognozes nākotnē, Kīnas valdība aizvien vairāk īsteno politiku un ievieš likumdošanu, kas veicinātu restorānos radīto pārtikas atkritumu visaptverošu izmantošanu samazinot izmesto pārtikas atkritumu apjomu un veicinot to tālākas izmantošanas iespējas enerģijas ieguvei.

Restorānu atkritumi veido aptuveni 50% no visiem pārtikas atkritumiem Kīnā. Pamatojoties uz 2014.gada datiem aprēķināts, ka šajā gadā tika saražoti ap 40 miljoniem tonnu restorānu atkritumi. Ņemot vērā, ka līdz ar labklājības paaugstināšanos vienlaikus pieaug arī pārtikas patēriņš, kā arī ņemot vērā Kīnā esošo iedzīvotāju skaitu, aizvien aktuālāki kļūst alternatīvi risinājumi t.sk. izmantojot atjaunojamās enerģijas avotus. Kīnas Nacionālā attīstības un reformu komisija 100 pilsētās veica izmēģinājumus ar mērķi realizēt restorānu pārtikas atkritumu apstrādes projektus.

Saskaņā ar apskatītajās publikācijās esošo informāciju līdz 2015.gada beigām tika paredzēts ieviest 242 restorānu pārtikas atkritumu apstrādes iekārtas ar mērķi sasniegt 50% pakāpi, kas nozīmē, ka no radītajiem atkritumiem 50% iespējams apstrādāt (Clercq, Wen & Fan, 2017).

Pētījumos pieejama informācija par pārtikas atkritumu apstrādes iekārtām Pekinā, Suzhou pilsētā Jiangsu provincē un Haikou pilsētā Hainan provincē (Clercq, Wen & Fan, 2017).

Pekinas virtuves atkritumu apstrādes projekts

Projekta ietvaros tika uzstādīta biogāzes ieguves iekārta ar virtuves atkritumu apstrādes jaudu 200 tonnas dienā. Aprēķināts, ka vidēji saražotā biogāze (73,7% no projektētās produkcijas) gadā sasniedza 73 000 m³.

2.3.7.2. Biometāna ieguve

Hainaņas biogāzes iekārta

Hainaņas projektā biogāzes ieguves iekārtā kā izejvielas tika izmantoti dažādi organiskie atkritumi. Kopā ar mājlopu mēsliem tika izmantotas sadzīves dūņas, cukurniedru izdedži, banānu, rīsu salmi un no ēdināšanas sektora iegūtie pārtikas atkritumi. Iekārtas projektētā jauda bija 500 tonnas diennaktī.

No organiskajiem atkritumiem iegūtā biogāze tika apstrādāta un izmantota kā transportlīdzekļu degviela. Hainaņas atkritumu apstrādes iekārta bija pirmais šāda veida izmēģinājuma projekts, kas vienlaikus arī ļāva novērtēt, pārtikas atkritumu pievienošanas citām izejvielām efektivitāti, kā arī ļāva novērtēt iegūtā biometāna izmantošanas iespējas transportlīdzekļu degvielā. Cūku mēsli, notekūdeņi,

cukurniedru atlikumi, spirta ražošanas atkritumi un citi atkritumi (ieskaitot pārtikas atkritumus) veidoja attiecīgi 21%, 12%, 35%, 12% un 20% no šo izejvielu kopējā daudzuma. Iekārtā apstrādātie atkritumi tika pārveidoti 10 500 000 Nm³ / gadā (30 000 Nm³ / dienā) biogāzē, kura tālāk tika pārstrādāta (līdz 5 250 000 Nm³ / gadā (15 000 Nm³/dienā)) iegūstot biometānu ar 97% CH₄ saturu.

Katra tonna atkritumu veido 123,5 Nm³ biogāzes vai 61,7 Nm³ biometāna. Novērtēts, ka Hainaņas atkritumu apstrādes iekārtā organiskos atkritumus iespējams izmantot, gan biogāzes, biometāna ražošanai, gan arī digestāta pārdošanai. Biometānu var izmantot kā transportlīdzekļos vai kā gāzi ēdiena gatavošanai.

Iepriekš aplūkotajos projektos novērtēts, ka 86% aptaujāto bija ieinteresēti uzlabot pārtikas atkritumu apsaimniekošanu un biogāzes pārveide sasniegt biometāna kvalitātes īpašības var būt ekonomiski izdevīgākā iespēja biogāzes ražotnēm Ķīnā (Clercq, Wen & Fan, 2017).

2.3.7.3. Notekūdeņu apsaimniekošanas pakalpojumi

No biomasas iegūto biodegvielu iespējams izmantot arī kā enerģijas avotu notekūdeņu attīrīšanai, piemēram, biodīzeļdegvielas ģeneratori nodrošina nepieciešamo enerģiju notekūdeņu sūkņēšanai un attīrīšanai (Power, McNabola & Coghlan, 2014).

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Alam, F.; Alam Q.; Reza, S.; Alam, S.M. K.; Saleque, K.; Chowdhury, H. A review of hydropower projects in Nepal. *Energy Procedia*. 2017, 110, 581-585, <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.188>.
- Aomar, R.A.; Hussain, M. An assessment of green practices in a hotel supply chain: A study of UAE hotels. *Journal of Hospitality and Tourism Management*. 2017, 32, 71-81, <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2017.04.002>.
- Barbato, M.; Cirillo, L.; Menditto, L.; Moretti, R.; Nardini, S. Feasibility study of a geothermal energy system for indoor swimming pool in Campi Flegrei area. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2018, 6, 421-425, <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2018.02.013>.
- Burns, G.L.; Haraldsdóttir, L. Hydropower and tourism in Iceland: Visitor and operator perspectives on preferred use of natural areas. *Journal of Outdoor Recreation and Tourism*. 2019, 25, 91-101, <https://doi.org/10.1016/j.jort.2018.09.003>.
- Chan, E.S.W.; Okumus, F.; Chan, W. What hinders hotels' adoption of environmental technologies: A quantitative study. *International Journal of Hospitality Management*. 2020, 84, 102324, <https://doi.org/10.1016/j.ijhm.2019.102324>.
- Coles, T.; Dinan, C.; Warren, N. Energy practices among small- and medium-sized tourism enterprises: a case of misdirected effort? *Journal of Cleaner Production*, 2016, 111, 399-408, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.028>.
- Dhirasasna, N.; Becken, S.; Sahin, O. A systems approach to examining the drivers and barriers of renewable energy technology adoption in the hotel sector in Queensland, Australia. *Journal of Hospitality and Tourism Management*. 2020, 42, 143-172, <https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2020.01.001>.
- De Clercq, D.; Wen, Z.; Fan, F. Performance evaluation of restaurant food waste and biowaste to biogas pilot projects in China and implications for national policy. *Journal of Environmental Management*. 2017, 189, 115-124, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.12.030>.
- Drosou, V.; Kosmopoulos, P.; Papadopoulos, A. Solar cooling system using concentrating collectors for office buildings: A case study for Greece. *Renewable Energy*. 2016, 97, 697-708, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2016.06.027>.
- Galgaro, A.; Farina, Z.; Emmi, G.; De Carli, M. Feasibility analysis of a Borehole Heat Exchanger (BHE) array to be installed in high geothermal flux area: The case of the Euganean Thermal Basin, Italy. *Renewable Energy*. 2015, 78, 93-104, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.076>.
- Gerber, S.; Rix, A.J.; Booyesen, M.J. Grid-tied PV and intelligent water heater control to reduce the energy costs at schools in South Africa. *Energy for Sustainable Development*. 2019, 50, 117-125, <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.03.004>.
- Guo, S.; Li, Y.; Hu., Y.; Xue, F.; Chen, B.; Chen, Z.M. Embodied energy in service industry in global cities: A study of six Asian cities. *Land Use Policy*. 2020, 91, 104264, <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104264>.
- Frangou, M.; Aryblia, M.; Tournaki, S.; Tsoutsos. Renewable energy performance contracting in the tertiary sector Standardization to overcome barriers in Greece. *Renewable Energy*. 2018, 125, 829-839, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.001>.
- Hauer, C.; Wagner, B.; Aigner, J.; Holzapfel, P.; Flödl, P.; Liedermann, M.; Tritthart, M.; Sindelar, C., et al. State of the art, shortcomings and future challenges for a sustainable sediment management in hydropower: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, 98, 40-55, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.08.031>.
- Hu, C.; Zhou, Y.; He, C. Regional industrial development in a dual-core industry space in China: The role of the missing service. *Habitat International*. 2019, 94, 102072, <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2019.102072>.

- Kurek, K.A.; Heijman, W.; Ophem, van J.; Gędek, S., Strojny, J. Geothermal spas as a local development factor, the case of Poland. *Geothermics*. 2020, 85, 101777, <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2019.101777>.
- Liao, J. The rise of the service sector in China. *China Economic Review*. 2020, 59, 101385, <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2019.101385>.
- Manders, T.N.; Höffken, J.I.; Van der Vleuten, E.B.A. Small-scale hydropower in the Netherlands: Problems and strategies of system builders. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, 59, 1493-1503, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.100>.
- Mardani, A.; Zavadskas, E.K.; Streimikiene, D.; Jusoh, A.; Nor, K.M.D.; Khoshnoudi, M. Using fuzzy multiple criteria decision making approaches for evaluating energy saving technologies and solutions in five star hotels: A new hierarchical framework. 2016, 116, 131-148, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.10.076>.
- Mistretta, M.; Caputo, P.; Cellura, M.; Cusenza, M.A. Energy and environmental life cycle assessment of an institutional catering service: An Italian case study. *Science of the Total Environment*. 2019, 657, 1150-1160, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.131>.
- Navratil, J.; Picha, K.; Buchecker, M.; Martinat, S.; Svec, R., Brezinova, M. Visitors' preferences of renewable energy options in "green" hotels. 2019, 138, 1065-1077, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.02.043>.
- Nepal, R.; Irsyad, M.I A.; Nepal, S.K. Tourist arrivals, energy consumption and pollutant emissions in a developing economy—implications for sustainable tourism. *Tourism Management*. 2019, 71, 145-154, <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2018.08.025>.
- Nunes, L.J.R.; Matias, J.C.O.; Catalão, J.P.S. Biomass in the generation of electricity in Portugal: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017, 71, 373-378, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.12.067>.
- Pace, L.A. How do tourism firms innovate for sustainable energy consumption? A capabilities perspective on the adoption of energy efficiency in tourism accommodation establishments. *Journal of Cleaner Production*. 2016, 111, 409-420, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.01.095>.
- Power, C.; McNabola, A.; Coughlan, P. Development of an evaluation method for hydropower energy recovery in wastewater treatment plants: Case studies in Ireland and the UK. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. 2014, 7, 166-177, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2014.06.001>.
- Pozo, A.G.; Mera A. J.M.; Soria, J.A.C. Innovation, environment, and productivity in the Spanish service sector: An implementation of a CDM structural model. *Journal of Cleaner Production*. 2018, 171, 1049-1057, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.087>.
- Roni, M.S.; Chowdhury, S.; Mamun, S.; Marufuzzamen, M.; Lein, W.; Johnson, S. Biomass co-firing technology with policies, challenges, and opportunities: A global review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017, 78, 1089-1101, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.023>.
- Smith, H.; Smythe, T.; Moore, A.; Bidwell, D.; McCann, J. The social dynamics of turbine tourism and recreation: Introducing a mixed method approach to the study of the first U.S. offshore wind farm. 2018, 45, 307-317, <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.06.018>.
- Ullah, K.; Raza, M.S.; Mirza, M. Barriers to hydro-power resource utilization in Pakistan: A mixed approach. *Energy Policy*. 2019, 132, 723-735. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.030>.
- Voulis, N.; Warnier, M.; Brazier, F.M.T. Impact of service sector loads on renewable resource integration. *Applied Energy*. 2017, 1311-1326, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.07.134>.
- Wang, R.; Hao, J.X.; Wang, C.; Tang, X.; Yuan, X. Embodied CO2 emissions and efficiency of the service sector: Evidence from China. *Journal of Cleaner Production*. 2020, 247, 119116, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119116>.
- Wang, X.X.; He, A.Z.; Zhao, J. Regional disparity and dynamic evolution of carbon emission reduction maturity in China's service industry. *Journal of Cleaner Production*. 2020, 244, 118926, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118926>.

- Xiao, H.; Shan, Y.; Zhang, N.; Zhou, Y.; Wang, D.; Duan, Z. Comparisons of CO₂ emission performance between secondary and service industries in Yangtze River Delta cities. *Journal of Environmental Management*. 2019, 252, 109667, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109667>.
- Xing, R.; Hanaoka, T.; Kanamori, Y.; Masui, T. Estimating energy service demand and CO₂ emissions in the Chinese service sector at provincial level up to 2030. *Resources, Conservation & Recycling*. 2018, 134, 347-360, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.030>.
- Zhang, G.; Lin, B. Impact of structure on unified efficiency for Chinese service sector—A twostage analysis. *Applied Energy*. 2018, 231, 876-886, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.09.033>.

2.4. ATJAUNOJAMĀS ENERĢIJAS IZMANTOŠANAS IESPĒJAS MĀJSAIMNIECĪBAS SEKTORĀ

Novērtēts, ka uzņēmējdarbības un mājsaimniecības veiktajām iniciatīvām saistībā ar klimata pārmaiņām būs nozīmīga loma un nākamajā desmitgadē šiem sektoriem ieviešot konkrētus pasākumus būtu iespējams samazināt oglekļa emisijas par miljards metriskajām tonnām gadā. Lai efektīvi samazinātu oglekļa emisijas, ir nepieciešama ne tikai pareizo tehnoloģiju izvēle izvēloties tehnoloģijas ar augstu energoefektivitāti, bet arī izmaiņas cilvēku uzvedībā, lai veicinātu tehnoloģiju ieviešanu un atbilstošu izmantošanu (Chen et al., 2020).

Mājsaimniecības ir kļuvušas par vienu no būtiskākajiem sektoriem virzienā uz ilgtspējīgas attīstības sasniegšanu. Mājsaimniecības sektors visā pasaulē sastāda ievērojamu daļu no kopējā enerģijas patēriņa un līdz ar to aizvien aizvien aktuālāki paliek alternatīvie risinājumi enerģijas patēriņa samazināšanai, kā arī klimata pārmaiņu mazināšanas noteikto mērķu sasniegšanai. Mājsaimniecības sektors atspoguļo aptuveni 25% no kopējā enerģijas patēriņa Amerikas Savienotajās Valstīs, 26% no kopējā patēriņa Japānā, puse no kopējā patēriņa Saūda Arābijā attiecas un mājsaimniecības sektoru, 39% no Zviedrijas patēriņa veido mājsaimniecības un 40% - Gvineja (Camara et al., 2018).

2.4.1. Viedās sistēmas

Viens no alternatīviem risinājumiem enerģijas patēriņa samazināšanai un ilgtspējīgai enerģijas nodrošināšanai ir izmantot viedās tehnoloģijas apvienojumā ar atjaunojamās enerģijas avotiem, nereti, piemēram, kopā ar saules enerģijas sistēmām. Viedās sistēmas arī kalpo kā viens no risinājumiem, lai mazinātu, piemēram, saules vai vēja enerģijas periodiskumu un tajās var ietilpt gan viedie skaitītāji gan viedie tīkli.

Viedā enerģijas sistēma ir rentabla, ilgtspējīga un droša enerģijas sistēma, kurā atjaunojamās enerģijas ražošana, infrastruktūra un patēriņš tiek integrēti un koordinēti, izmantojot enerģijas pakalpojumus, enerģijas gala lietotājus un tehnoloģijas. Šādas sistēmas ļautu nodrošināt ilgtspējīgu un efektīvu resursu izmantošanu mājsaimniecībās, kā arī integrēt lokāli saražotos enerģijas resursus reāllaikā un sniegt atgriezenisko saiti par mājsaimniecības enerģijas patēriņu (Hall & Foxon, 2014)

2.4.1.1. Viedie skaitītāji

Eiropas Komisijas Direktīvas 2006/32/EC "Par enerģijas gala patēriņa efektivitāti un energoefektivitātes pakalpojumiem" un 2009/72/EK "Par kopīgiem noteikumiem attiecībā uz elektroenerģijas iekšējo tirgu" nodrošinājušas to, ka aizvien turpinās viedo sistēmu attīstība – turpina pieaugt viedo mērierīču, biežāk sauktu par viedajiem skaitītājiem attīstība visā Eiropas Savienībā. Viedo skaitītāju sniegtie dati kopā ar ēku enerģijas pārvaldības sistēmu un ēku vadības sistēmu attīstību paver iespējas jauniem enerģijas piegādes un pakalpojumu biznesa modeļiem, kā arī ciešākām attiecībām starp komunālajiem uzņēmumiem, pakalpojumu sniedzējiem un patērētājiem (Hall & Foxon, 2014).

Zviedrija

Novērtēts, ka Zviedrija bija viena no pirmajām valstīm Eiropā, kas sāka plaša mēroga viedo skaitītāju ieviešanu. Līdz ar to ir bijušas iespējas detalizēti analizēt šādu sistēmu ieviešanu. Anders Nilsson et.al. savā pētījumā vērtēja viedo skaitītāju *HEMS* ietekmi uz enerģijas patēriņu mājsaimniecībās visā Zviedrijā. *HEMS* ir mājas enerģijas pārvaldības sistēmas, kas ļauj pastiprināti uzraudzīt un kontrolēt mājsaimniecības enerģijas patēriņu, izmantojot viedās mājas funkcijas un reāllaika atsauksmes par enerģijas patēriņu, izmantojot mājas displejus. Senāki Zviedrijā veiktie pētījumi ir parādījuši, ka enerģijas atgriezeniskā saite atkarībā no tās satura, biežuma un noformējuma var ietaupīt aptuveni 5–15% enerģijas. Iepriekš norādītajā pētījumā tika aplūkota *HEMS* ar mājsaimniecībā novietotu displeju, ar šādām funkcijām:

- Displejs spēj parādīt pašreizējo elektrības, karstā krāna ūdens un apkures patēriņu, kam pievienoti vēsturiski attiecīgā perioda salīdzinājumi (stundu / dienu / nedēļu / mēnesi) un salīdzinājumi ar citām līdzīga lieluma mājsaimniecībām.
- Viedais apgaismojums. Telpu apgaismojuma vadība attālināti (ieslēgšana/izslēgšana/gaismas/spilgtuma intensitātes samazināšana).
- Viedās kontaktdakšas: katrai mājsaimniecībai ir divas viedās kontaktdakšas, kuras var pievienot ierīcēm, lai uzraudzītu un kontrolētu (ieslēgtu / izslēgtu) ierīču enerģijas patēriņu.
- Viedā veļas mašīna / žāvētājs: ļauj plānot mazgātāja / žāvētāja sesijas.
- Sākuma / prombūtnes slēdzis: lai vienlaikus ieslēgtu / izslēgtu visu apgaismojumu un viedās kontaktdakšas (Hall & Foxon, 2014).

Vienkāršota mājas displeja versija pieejama no mobilā telefona. *HEMS* sistēma piedāvā arī papildu informāciju un funkcijas ārpus šī pētījuma jomas, ieskaitot: plānošanas funkcijas elektrisko transportlīdzekļu uzlādēšanai; saules enerģijas ražošanas uzraudzību no jumta saules PV paneļiem (Hall & Foxon, 2014).

Pētījuma mērķa grupa bija "best case scenario" mājsaimniecības ar ienākumiem un izglītības līmeni virs vidējā. Aptaujājot dalībniekus tika konstatēts, ka ir divi galvenie motivatori enerģijas patēriņam – ekonomiskais ietaupījums un vēlme būt videi draudzīgākiem. Displeju attēlotie reāllaika patēriņa salīdzinājumi priekš lietotājiem tika novērtēti kā pārāk sarežģīti: kad dalībniekiem lūdza izskaidrot un interpretēt šos skaitītājus, neviens no intervētajiem neatbildēja pilnībā pareizi. Tikai viens no intervējamiem, kurš strādāja par inženieri, displeja dizainu uzskatīja par pilnīgi saprotamu, bet pārējie uzskatīja, ka displeji ir pārāk sarežģīti izveidoti un nav piemēroti ikdienas lietošanai mājsaimniecībā. Tika secināts, ka aptaujātie lietotāji uz video sistēmu atbildēja mainot uzvedību divos veidos - tieša reakcija uz pašreizējam patēriņa vērtībām (t.i., reāllaika atgriezeniskā saite) un apzināti lēmumi, pamatojoties uz sniegtajām atgriezeniskās saiknēm noteiktā laika posmā (t.i., vēsturiski salīdzinājumi). Turklāt tieša reakcija bija daudz izplatītāka (Nilsson et al., 2018).

Cita ar mājsaimniecībām saistīta viedo enerģijas sistēmu komponente ir viedie tīkli. Novērtēts, ka viedie tīkli spēj veicināt ilgtspējīgu AER integrēšanu un mikro tīklu koncepta īstenošanu (Hakimi et al., 2019).

2.4.2. Ražojošais patērētājs

Enerģijas nozarē ienācis jauns jēdziens – ražojošais patērētājs, kas apzīmē maza apjoma gala lietotājus, kas papildus elektrības izmantošanai no tīkla, ražo enerģiju savām vajadzībām un ievada atpakaļ elektrības sistēmā. Šāds princips bieži uzskatāms par piemērotāku nekā pilnīga atdalīšanās no centralizētā elektroapgādes tīkla, jo sniedz lielāku stabilitātes sajūtu, ļaujot nosegt patēriņu arī tad, kad vietējā ražošana ir nepietiekama vai traucēta, un ļauj nopelnīt pārdodot tīklā saražotās elektroenerģijas pārpalikumu. Mājsaimniecības kā atjaunojamo elektroenerģiju ražojošs patērētājs var aizpildīt dažādas lomas, piemēram, veicināt dekarbonizāciju, energosistēmas decentralizāciju, kā arī iesaistīt enerģijas tirgū jaunas dalībnieku grupas, kas var veicināt būtiskas izmaiņas nākotnē. Vācija uzsāka izmēģinājuma subsīdiu programmu maza mēroga PV 1990, kuras mērķis bija pirmās mājsaimniecības, kas kategorizējamās kā ražojošais patērētājs.

Citas valstis, piemēram Lielbritānija un Norvēģija atbalsta programmas uzsāka vēlāk. Norvēģija sāka atbalstīt ražojošos patērētājus 2011. gadā. Ražojošo patērētāju skaita pieauguma līknes Vācijā, Apvienotajā Karalistē un Norvēģijā-vismaz sākumposmā bija līdzīgas - eksponenciālās formas, ar lēnu iesākumu un salīdzinoši strauju izaugsmi pēc tam (Inderberg et al., 2018).

2.4.3. Saules enerģijas izmantošana mājsaimniecībās

Saules enerģijas izmantošana nodrošina vairākas nozīmīgas priekšrocības, piemēram, samazinātas CO₂ emisijas, energoapgādes dažādošanu un reģionālo/nacionālo enerģētisko neatkarību.

Divi izplatītākie veidi saules enerģijas izmantošanai mājāsaimniecībās ir saules PV paneļi elektroenerģijas ražošanai un saules kolektori siltuma enerģijas iegūšanai (Inderberg et al., 2018).

2.4.3.1. Elektroenerģijas ražošana mājāsaimniecībās izmantojot saules enerģijas tehnoloģijas

Pēdējos gados aizvien biežāk uz privātmāju jumtiem tiek uzstādīti saules PV paneļi. Privātās mājāsaimniecības arvien vairāk ražo elektroenerģiju mājās, izmantojot iespējas, ko sniedz tehnoloģiju attīstība un cenu kritums. Pētījumā par saules enerģijas izmantošanu elektroenerģijas ražošanā mājāsaimniecībās kā ražojošajos patērētājos trīs no attīstītākajām ES ekonomikas lielvalstīm – Vācijā, Lielbritānijā un Norvēģijā secināts, ka :

- Dāsna un stabila atbalsta shēma, kas risina jautājuma par tīklā ievadītās elektroenerģijas cenu, parādās kā galvenais faktors, lai motivētu ražojošo patērētāju. (pamatojoties uz Vācijas un Lielbritānijas piemēru). Arī sākotnējie pierādījumi no Norvēģijas liecina, ka zems ekonomiskais atbalsts ir rezultējies zemā ražojošo patērētāju skaitā. Pēdējos gados arī Norvēģijā ražojošo patērētāju apjoms ir pieaudzis. PV saules paneļu cenu samazināšana var palīdzēt samazināt vajadzību pēc ekonomiskā atbalsta, lai gan novērtēts, ka Norvēģijas zemās elektrības cenas darbojas pretējā virzienā.
- Trešās puses – uzņēmēji, kas veic tehnoloģiju uzstādīšanas darbus, nodrošina zināšanas, konsultācijas, tehniskos risinājumus un sekmē legālās procedūras - darbojas kā procesa katalizatori.
- Visas trīs aplūkotās valstis sekojušas šādiem soļiem:
 - Uzsāka tehnisko testēšanu un izmēģinājuma shēmas, kas palīdzēja samazināt (vietējus) birokrātiskos šķēršļus;
 - Nāca klajā ar trešo pušu - instalācijas darbu veicēju tirgus izveidi, samazinot darījuma izmaksas potenciālajiem patērētājiem;
 - Pēdējais, un mazāk izteiktais solis ir pāreja uz masu tirgu, kur brīvi pieejami pakalpojumi, piemēram, saules PV paneļu uzstādīšana, ko piedāvā vairāki uzņēmumi, savstarpējās konkurences ceļā, un vēl vairāk samazinot darījumu izmaksas potenciālajiem patērētājiem (Jackson et al., 2018).

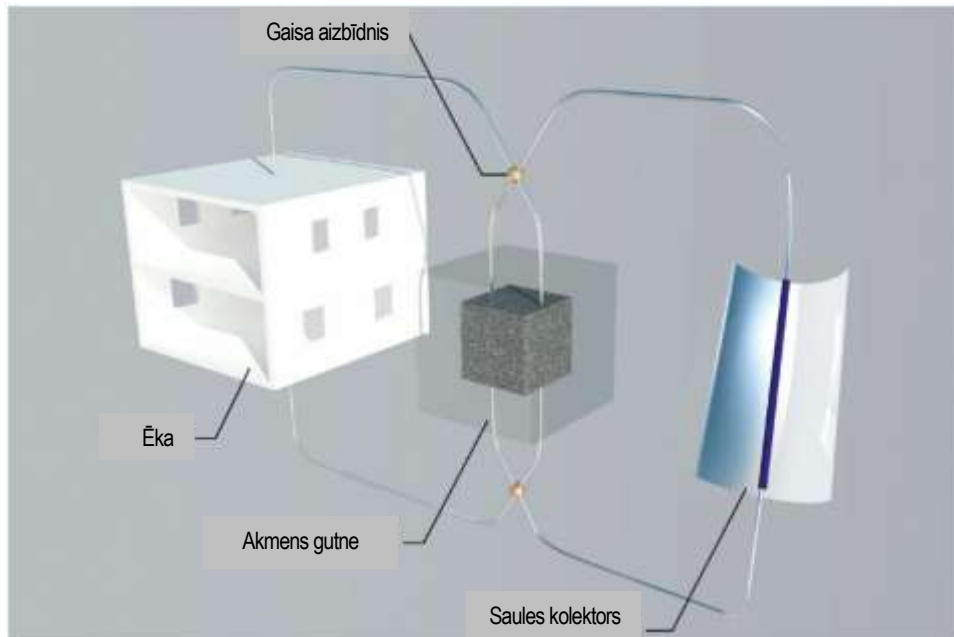
Pētījumā tika novērotas atšķirības starp Norvēģiju un pārējām divām valstīm, jo Norvēģijā elektroenerģija jau tiek saražota no AER un pastāv zemas elektroenerģijas cenas, līdz ar to mājāsaimniecību PV nepalīdzēs palielināt AER īpatsvaru un atmaksāsies lēnāk (Inderberg et al., 2018; Ghaith et al., 2017; Tervo et al., 2018).

2.4.3.2. Siltumenerģijas ražošana izmantojot saules enerģiju

Saules siltumenerģijas iekārtu integrācija ēku konstrukcijās pašlaik strauji attīstās, jo pieaug inženieru, arhitektu un individuālo patērētāju interese par atjaunojamiem enerģijas avotiem. Tas ir saistīts ar globālo sasilstānu un nepieciešamību aizstāt tradicionālos enerģijas avotus ar atjaunojamiem enerģijas avotiem.

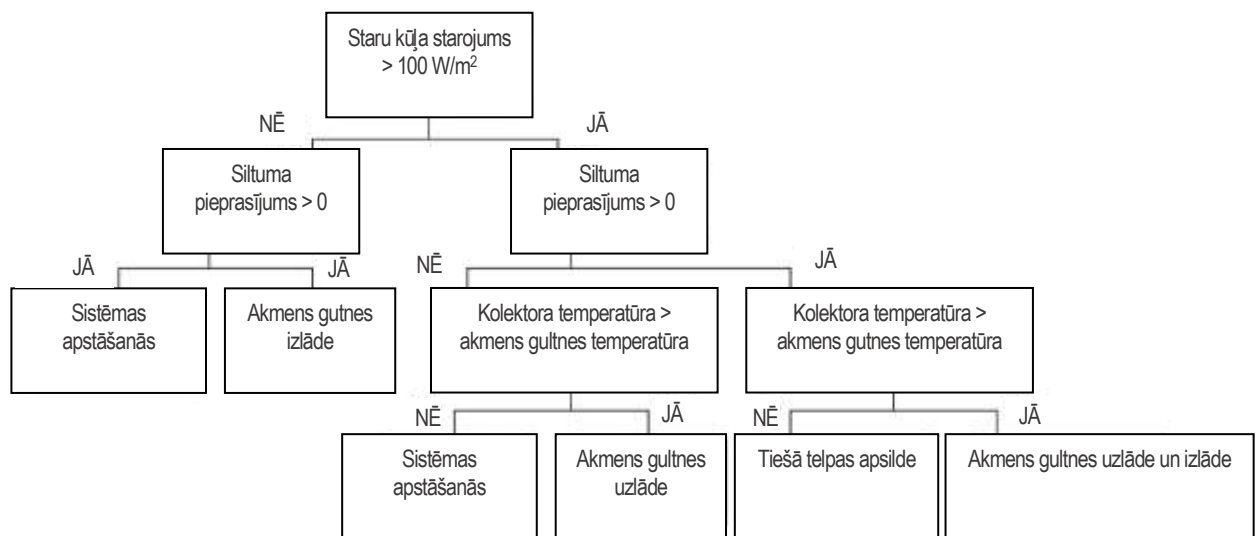
Centrāleiropa

Saules kolektorus iespējams integrēt ēkas konstrukcijās dažādos veidos, piemēram, kā fasādes elementu vai uz jumta vai balkona. Anna Bać et. al. izstrādāja balansētu saules enerģijas kolektoru integrācijas procesu. Aplūkotā siltumenerģijas sistēma ir izgatavota no diviem galvenajiem komponentiem: saules kolektora un akmeņu gultnes krātuves, kuras funkcija ir saražotās siltumenerģijas īslaicīga uzkrāšana (Att. 2.39). Darba vide visā sistēmā ir gaiss, kas pēc sildīšanas saules kolektorā tiek novirzīts vai nu uz akmeņu gultnes krātuvi, vai tieši uz ēkas telpām, kuras paredzēts apsildīt. Naktīs, kā arī dienās ar zemu saules siltuma starojumu apsilde notiek izmantojot akmeņu gultnes krātuvē uzkrāto enerģiju (Bać et al., 2019).



Att. 2.39. Saules kolektora, enerģijas krātuves un ēkas sistēma

Saules apkures sistēmas darbības princips ir parādīts shematiski Att. 2.40.



Att. 2.40. Saules siltumenerģijas sistēmas darbības princips

Analizētās enerģijas sistēmas darbībai var izmantot dažāda veida saules kolektorus. Pētījumos novērtēts, ka izmantojot koncentrācijas kolektorus, kas izmanto tikai tiešu saules starojumu, iespējams iegūt augstas temperatūras. Tas ļaus sistēmai visu gadu darboties Centrāleiropas klimatiskajos apstākļos. Pētījumā veiktā integrācijas analīze parādīja, ka apkures sistēmas atrašanās vieta, ietekmē ne tikai ēkas arhitektūru un funkcionalitāti, bet arī ietekmē visas ēkas darbību un kopējo enerģijas bilanci.

Pētījumā par saules enerģijas izmantošanu ēku konstrukcijās novērtēts, ka augstāko integrācijas pakāpi iespējams iegūt objektiem, kas atrodas tieši projektēšanas fāzē nevis jau esošām konstrukcijām. Sistēmu ir iespējams pilnībā izmantot un samazināt siltuma zudumus, izmantojot vismazākos saules kolektora un siltuma akumulatora izmērus.

Veiktie ikgadējie koncepcijas sistēmas simulācijas testi Vroclavas klimatiskajos apstākļos parādīja, ka ar pareizi izvēlētiem parametriem ir iespējams uzbūvēt apkures iekārtu, kuras pamatā ir ilgtermiņa

bez specifiskām tehniskajām zināšanām tāpat arī protitips nedrīkst būt pārāk sarežģīts rēķinoties ar gala lietotāju.

Viens no Starptautiskā mazo vēja turbīnu konkursa ietvaros prezentētajiem mazo vēja turbīnu konceptiem ir tradicionālā horizontālās ass vēja turbīna. Rotorā diametru atšķirību rezultātā ģeometrija tika palielināta ar koeficientu, kas noteikts kā attiecība starp modificēto un sākotnējo rotorā rādiusu. Galvenais kritērijs, kas tika ņemts vērā projektēšanas procesā, bija maksimizēt ikgadējo enerģijas ražošanu. Ņemot vērā vēja apstākļus, visa konstrukcija bija jāpielāgo konkrētajiem parametriem. Ģeometrija bija vērsta uz vēja ātruma samazināšanu, jaudas koeficienta palielināšanu un uzgaļa ātruma koeficientu darbības diapazona paplašināšanu (Grapow et al., 2018; Leary et al., 2019).

Amerikas Savienotās Valstis

Amerikas Savienoto Valstīs, Oklahomas štatā esošajās māsaimniecībās, kuras aprīkotas ar viedajiem skaitītājiem ir iespējams izvēlēties, tarifa maksu par elektroenerģiju pamatojoties uz tradicionālo grafiku, viedo grafiku vai arī māsaimniecībās ir iespēja uzstādīt ar elektrotīklu saistītu vēja turbīnu par kuru izveidots atsevišķs tarifs. Amerikas vēja enerģijas asociācija (AWEA) ir pieņēmusi vēja turbīnu darbības standartu kopumu attiecībā uz vēja enerģijas izmantošanu māsaimniecībās.

Vienā no pētījumiem mērķis bija novērtēt ekonomiskos aspektus uzstādot mikroģenerācijas vēja turbīnu sistēmu, kas piesaistīta elektrotīklam (ar jaudu 6 kW un 10 kW) ņemot vērā alternatīvas cenu struktūras māsaimniecībās piecās atšķirīgās vietās, kur atšķiras arī vēja enerģijas pieejamība. Par katru no vietām tika apkopoti ilgtermiņa dati par vēja ātrumu 20 gadu ilga periodā, kā arī dati par elektrības patēriņu katrā no māsaimniecībās.

Pētījumā tika ņemts vērā arī tas, ka ņemot vērā vēja periodisko raksturu ne vienmēr vēja enerģija būs pieejama pīķa slodzes periodos. Tika izmantotas hibrīdās vēja un saules enerģijas sistēmas, lai dzīvojamām mājās piecās dažādās vietās Oklahomas štatā nodrošinātu elektroenerģiju visa gada garumā. Pētījumā novērtēts, ka ierobežojumi abu enerģijas avotu izmantošanā bija saistīti ar to, ka enerģijas patēriņš ir atšķirīgs no konkrētā mēneša un diennakts stundas (Ghaith et al., 2017).

2.4.4.1. Vēja enerģijas izmantošana ārpus pilsētu māsaimniecībās

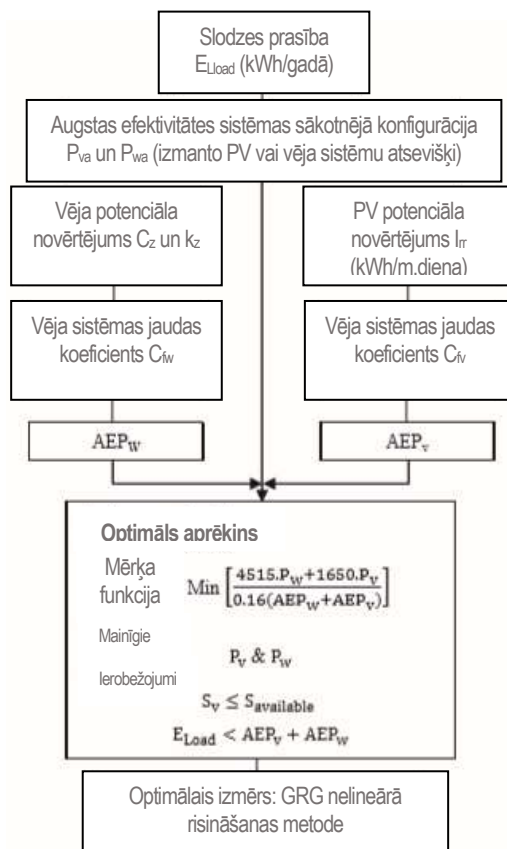
Novērtēts, ka pēdējos gados uzstādīts būtisks skaits māsaimniecību tipa vēja turbīnu, lai ārpus pilsētām esošajās māsaimniecībās nodrošinātu elektroenerģiju, kur tās pieejamību attiecīgajā vietā nav iespējams nodrošināt un vienlaikus uzlabotu iedzīvotāju dzīves kvalitāti.

2.4.4.2. Saules un vēja hibrīdsistēmas

Izmantojot hibrīdu sistēmu, kur apvienoti vairāki enerģijas avoti iespējams novērst nestabilitāti, ko rada viena atjaunojamā avota izmantošana. Piemēram, saules PV- vēja sistēma, visticamāk, ražo enerģiju konsekventāk nekā tikai saules PV sistēma, jo vēja un saules enerģijas sistēmu maksimālas produktivitātes darbības laiki ir dažādos dienas un gada laikos. Tādējādi, vējš un saule, kas darbojas kā fosilās enerģijas aizstājēji, kā hibrīda sistēma, var radīt lielāku stabilitāti atjaunojamās elektroenerģijas ražošanā. Otrkārt, hibrīdsistēma var tikt integrēta ar enerģijas uzglabāšanas tehnoloģijām, nodrošinot drošas rezerves, kad un ja patēriņš pārsniedz ražošanu. Enerģijas uzkrāšana var palīdzēt samazināt citu sastāvdaļu (piemēram, fotoelementu paneļu vai vēja turbīnu) izmērus un samazināt izmaksas (Fikru et al., 2019).

Atbilstoša vēja un saules fotoelementu (PV) sistēmu kombinācija var radīt optimālas konfigurācijas, kas palielina ikgadējo enerģijas ražošanu (AEP) un vienlaikus ir arī ekonomiski izdevīgas. Pētījumu ietvaros Izstrādāta metodika, lai maksimāli palielinātu saražotās enerģijas apjomu un samazinātu ieguldījumu izmaksas. Pēc šīs metodoloģijas, kā izejas dati tiek izmantota patērētājam nepieciešamā jauda, saules enerģijas un vēja enerģijas potenciāls konkrētajā vietā. Izstrādātā metodoloģijas ir pārbaudīta četrās dažādās vietās un secināts, ka tā ļauj iegūt optimālo sistēmas

konfigurāciju, neizmantojot komerciālās programmas, kas izstrādātas šādam mērķim. Shematisks metodoloģijas attēlojums dots Att. 2.41 (Tenghiri et al., 2019).



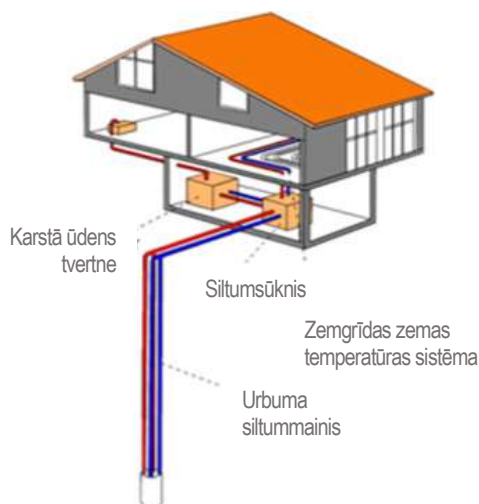
Att. 2.41. Optimālās saules-vēja hibrīdsistēmas konfigurācijas aprēķināšana

2.4.5. Ģeotermālās enerģijas izmantošana

Ģeotermālā enerģija ir siltums, kas ir atrodams zemes iekšpusē un sastāv no a) enerģijas plūsmas caur zemes garozu, b) siltuma plūsma iežu siltumvadītspējas rezultātā c) enerģija, kas glabājas zemes garozas iežos un šķīdumos. Ģeotermiskie resursi var tikt uzskatīti par atjaunojamajiem tehnoloģisko/sociālo sistēmu laika skalā, jo tie neprasa atjaunošanas laiku, kāds vajadzīgs fosilajam kurināmajam (piemēram, akmeņoglēm, eļļai un gāzei). Tāpēc ģeotermālā enerģija tiek pieskaitīta atjaunojamiem enerģijas avotiem un ar to iespējams nodrošināt elektroenerģiju, apkuri un dzesēšanu mājāsaimniecībās, komerciālās un rūpnieciskās ēkās, kā arī citās iekārtās. Ģeotermālā enerģija tiek iedalīta atkarībā no temperatūras amplitūdas a) augstā temperatūrā (> 90 °C), b) zemā temperatūrā (25–90 °C) un c) sekla ģeotermālā enerģija (< 25 °C). Seklas ģeotermālās enerģijas izmantošana tiek realizēta, izmantojot siltumsūkņu tehnoloģijas (Karytsas & Choropanitis, 2017).

Siltumsūkņi izmanto relatīvi konstantu temperatūru augsnē vai ūdenī, lai nodrošinātu ēku apkuri, dzesēšanu un siltā ūdens sagatavošanu cauru gadu. Siltumsūkņa sistēmas sastāv no trim galvenajiem elementiem (Att. 2.42):

- Siltuma absorbcija no zemes vai tā novadīšanai zemē;
- Siltumsūkņi, kas pārvērs šo siltumu piemērotā temperatūras līmenī;
- Sadales sistēma ēkas iekšpusē apkures, dzesēšanas un siltā ūdens nodrošināšanai. Siltā ūdens gadījumā sistēma ietver arī karstā ūdens tvertni.

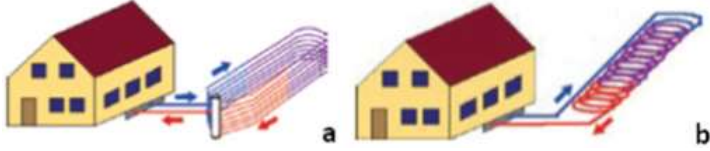



Att. 2.42. Siltumsūkņa sistēma

Siltumsūkņi pēc savas funkcijas vērtējami kā dzesēšanas iekārta un ietver tās pašas galvenās sastāvdaļas, kas atrodamas ledusskapjos un gaisa kondicionēšanas iekārtās. Tā ir iekārta, kas liek siltumam plūst no vides ar zemāku temperatūru uz augstākas temperatūras apgabalu. Lai sasniegtu temperatūras palielinājumu, siltumsūkņim ir nepieciešama papildu jauda. Šim nolūkam parasti tiek izmantota elektroenerģija (reti tiek izmantota termiskā enerģija). Ar šo papildus pievadīto enerģiju tiek darbināts kompresors. Nepieciešamā enerģijas ievade ir mazāka nekā izejas siltumenerģija, jo mazāk papildus enerģijas nepieciešams, jo ekonomiski izdevīgāks ir siltumsūkņi. Dzīvojamā sektorā tipiski tiek izmantoti siltuma sūkņi ar siltuma jaudu starp 5 un 20 kW.

Ģeotermālās enerģijas izmantošanas sistēmas var būt vairāku veidu (Karytsas & Choropanitis, 2017) (sk. Att. 2.43).

<p>Atvērtās cilpas ar ūdens sūkni</p>	
<p>Atvērtās cilpas izmantojot virsmas ūdeni</p>	
<p>Aizvērtās cilpas horizontālās sistēmas a) Paralēli b) sērijveida</p>	

Aizvērtās cilpas horizontālās sistēmas ar spirālveida izkārtojumu a) tranšejā b) spirālveida	
Vertikālās sistēmas	

Att. 2.43. Ģeotermālās enerģijas sistēmas veidi

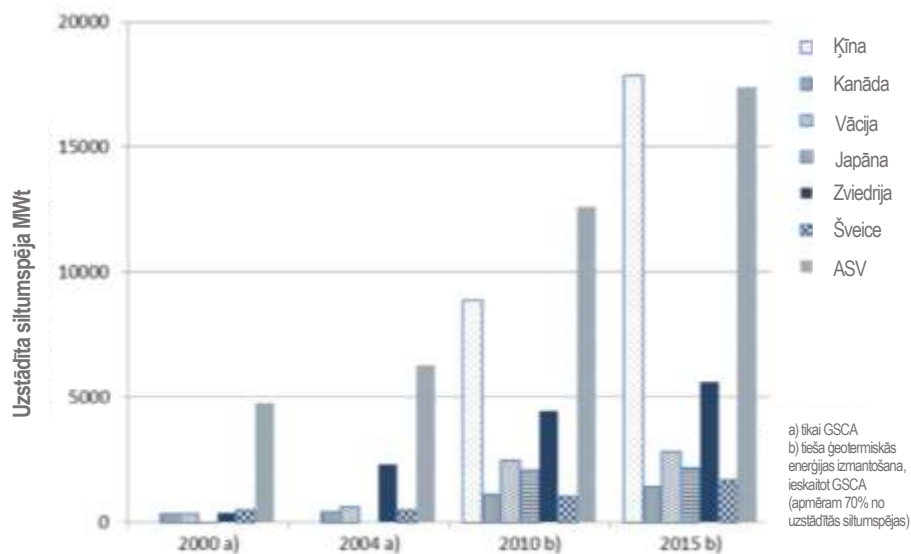
Kaut arī ģeotermālā enerģija rada specifiskas problēmas salīdzinājumā ar citām atjaunojamās enerģijas tehnoloģijām, tai ir ievērojams potenciāls samazināt ietekmi uz vidi un siltumnīcefekta gāzu emisijas, ko rada enerģijas ražošana. Ģeotermiskās enerģijas priekšrocības ir ne tikai elektroenerģijas ražošana dažādās konfigurācijās, bet arī tieša siltuma pielietošana rūpniecībā un mājāsniecībā neatkarīgi no meteoroloģiskajiem apstākļiem. No tehniskā viedokļa to enerģijas taupīšanas potenciāls saistās ar to, ka aizstājot tiešo elektrisko apkuri ar siltumsūkņiem tiek samazināts nepieciešamais pievadītās enerģijas apjoms. Daudzās valstīs ar vēsāku klimatu siltumsūkņi tiek uzskatīti par nākotnes enerģijas sistēmu daļu, tomēr, kā redzams daudzās citās energoefektīvās tehnoloģijās, reālajā dzīvē siltumsūkņu paredzamais enerģijas ietaupījums netiek pilnībā realizēts (Hannsen et al., 2017).

Griekija

Saskaņā ar pētījuma secinājumiem lielākie šķēršļi, kas kavē siltumsūkņu tehnoloģijas izplatību mājāsniecībā ir informācijas trūkums par uzstādītājiem/inženieriem/arhitektiem, un citiem pakalpojumu sniedzējiem, kas jāpiesaista individuālās sistēmas projektēšanā un uzstādīšanā, kā arī sabiedrības izpratnes trūkums par tehnoloģiju un tās priekšrocībām. Lai palīdzētu likvidēt iepriekšminētos šķēršļus, būtu jāveic darbības, kas vērstas uz sabiedrības informētību un izpratni par uzstādāmo tehnoloģiju organizējot sabiedrības informēšanas pasākumus par tehnoloģiju priekšrocībām (valsts iestādēm, pētniecības centriem, izplatīšanas projekti u.c.), kā arī apmācības uzstādītājiem.

Otra šķēršļu kategorija ietver uzstādīšanas procesu, un īpaši grūtības pielāgot sistēmu jau esošai mājāsniecībai, kā arī diskomfortu, ko uzstādīšanas process rada mājoklī. Pēdējo gadu laikā ir uzlabots tiesiskais regulējums attiecībā uz siltumsūkņu tehnoloģiju izmantošanu Grieķijā, tomēr būtu jāveic dažādi pasākumi, lai palielinātu tehnoloģijas izmantošanas īpatsvaru. Piemēram, izmaiņas uzstādīšanas specifikācijās (obligātā attāluma samazināšana no tādiem elementiem kā pazemes galvenie cauruļvadi, citu iedzīvotāju īpašumi utt.) var palīdzēt samazināt barjeras, kas liedz siltumsūkņus izmantot blīvi apdzīvotos apgabalos (Hannsen et al., 2017).

Siltumapgāde kā enerģijas avotu izmantojot ģeotermālo enerģiju daudzviet pasaulē tiek uzverts kā ilgtspējīgs risinājums siltumenerģijas ieguvei, ar kuru iespējams nodrošināt apsildi neatkarīgi no siltumenerģijas piegādātājiem. Att.2.44 sniegta informācija, kurās valstīs dažādos periodos ir bijusi lielākā siltumenerģijas jauda kā enerģijas avotu izmantojot seklā tipa ģeotermālo enerģiju.



Att. 2.44 Uzstādīto seklās ģeotermālās enerģijas iekārtu siltumenerģijas jaudas periodā 2000. līdz 2015. gadam

Vācija

Vācijā novērojams ģeotermālās enerģijas izmantošanas īpatsvara pieaugums māsaimniecībās un to veicina tādi faktori kā ieguldījumi ēku siltināšanas tehnoloģiju izstrādē, kuru rezultātā siltumsūkņi kā apsildes avots ir padarīti efektīvāki to izmantošanai māsaimniecībās, kā arī attīstīta valsts un reģionālās enerģētikas politika saistībā ar ģeotermālās enerģijas izmantošanu siltumapgādes nodrošināšanai. Siltumapgāde enerģētikas politikas pamatnostādņēs noteikta kā stratēģiska prioritāte, lai samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas un nodrošināt stabilu un drošu enerģijas piegādi. Pētījumos novērtēts, ka pastāv arī gadījumi, kad pēc siltumsūkņu uzstādīšanas pēc pirmās ziemas netiek panākts izmaksu samazinājums (Bleicher & Gross, 2016).

2.4.5.1. Siltumsūkņi kombinācijā ar citiem AER veidiem

Siltumsūkņu klimata pārmaiņu mazināšanas potenciāls palielinās, ja tos izmanto kombinācijā ar citiem AER veidiem. Piemēram, saules PV un saules siltumenerģiju.

2.4.6. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas māsaimniecības sektorā

No atjaunojamās enerģijas veidiem hidroenerģija ir novērtēta kā pasaulē lielākais resurss ar kura palīdzību iespējams iegūt elektroenerģiju (Kadier et al., 2018). Novērtēts, ka Norvēģijai ir lielākie hidroenerģijas resursi, kā arī lielākā saražotās elektroenerģijas uzglabāšanas jauda (Askeland et al., 2019).

2.4.6.1. Mazās hidroelektrostacijas

Māsaimniecībās, pretstatu rūpniecības sektoram, kur nepieciešams nodrošināt lielus enerģijas apjomus, aizvien vairāk elektroenerģijas nodrošināšanai māsaimniecībās tiek izmantotas neliela mēroga un jaudas hidroelektrostacijas.

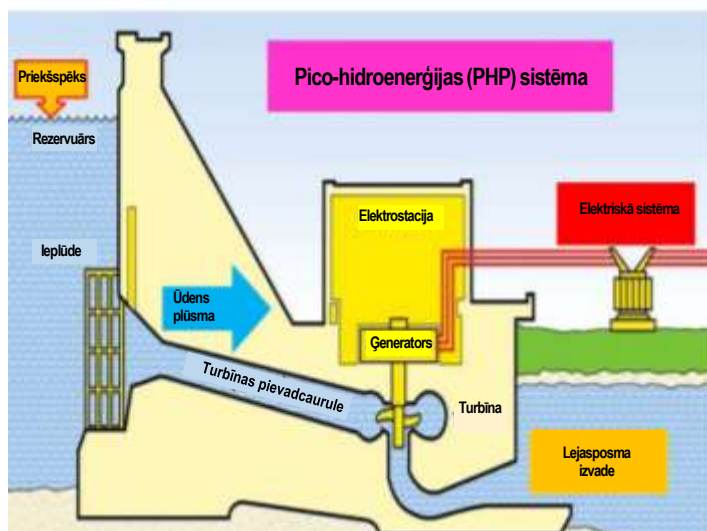
Itālija

Turīnā, Itālijā esošā “Regio Parco” mini tipa hidroelektrostacija ir paredzēta, lai vides draudzīgā veidā nodrošinātu ar elektroenerģiju aptuveni 600 māsaimniecību vienlaikus samazinot CO₂ emisijas gandrīz par 900 000 tonnām vienlaikus pārveidojot vēsturisko dambi (Comino, 2020).

2.4.6.2. PHP hidroelektrostacijas iekārtas

Uz vidi atstātās nelabvēlīgās ietekmes un ieguldījumi, kas jāveic uzstādot lielas jaudas hidroelektrostacijas, ir veicinājuši meklējumus pēc jauniem risinājumiem, kā videi nekaitīgākā veidā būtu iespējams no ūdens resursiem iegūt elektroenerģiju. Tas licis vērst uzmanību uz *Pico* tipa hidroenerģijas ražošanas iekārtām ar kuru palīdzību iespējams samazināt ietekmes uz vidi, kādas rodas no liela mēroga hidroelektrostacijām. *Pico* hidroenerģijas iekārtas novērtētas kā tirgū labākā opcija ar lētāko cenu elektrifikācijas nodrošināšanai ārpus pilsētu teritorijām vai attālās teritorijās jaunatīstības valstīs. Pamatā PHP sistēmas tiek izmantotas, lai nodrošinātu elektroenerģiju lauku apvidos un kalnainos reģionos. PHP piemērotas individuālajām māsaimniecībām, lai ģenerētu maksimālo elektroenerģijas jaudu līdz 5 kW. Novērtēts, ka PHP iekārtām ir vienas no viszemākajām būvniecības un ekspluatācijas izmaksām elektroenerģijas nodrošināšanai ārpus centralizētajiem tīkliem salīdzinot ar citām tehnoloģijām.

Izmantojot PHP hidroenerģijas iekārtas iespējas nodrošināt lauku kopienas ar aptuveni 30 māsaimniecībām, kas ikdienā patērē salīdzinoši nelielus elektroenerģijas apjomus, lai darbinātu sadzīves elektroiekārtas un nodrošinātu apgaismojumu. Dažās no valstīm PHP iekārtas novērtētas kā funkcionāli piemērotas ģimenēm individuālajām māsaimniecībās. PHP iekārtas darbības princips parādīts Att. 2.45 (Kadier et al., 2018).



Att. 2.45. PHP sistēmas darbības princips

2.4.6.3. PHP iekārtu priekšrocības

Daudzas māsaimniecības ar zemiem ienākumiem visā pasaulē izvēlas PHP iekārtas kā atbilstošāku un drošāku risinājumu salīdzinājumā ar vēja enerģiju vai saules PV paneļiem, lai nodrošinātu elektroenerģiju iekdienas vajadzībām.

Viena no PHP iekārtas galvenajām priekšrocībām saistās ar tās vienkāršo lietošanu. Tāpat arī PHP turbīnas novērtētas kā salīdzinoši ar citām tehnoloģijām ar ļoti zemām to ražošanas, uzstādīšanas un ekspluatācijas izmaksām. Salīdzinot ar saules, vēja, hibrīdajām sistēmām, PHP sistēma tiek uzskatīta par ekonomiski izdevīgāko elektroenerģijas enerģijas avotu māsaimniecībām. Jaunāko PHP turbīnu kalpošanas laiks ir apmēram 15 līdz 20 gadi, ar tīsu atmaksāšanās laiku, ja tiek uzstādīta atbilstošas kvalitātes turbīna. PHP iekārtām atšķirībā, piemēram, no saules PV paneļiem vai vēja turbīnām nav nepieciešams akumulators. Novērtēts, ka PHP iekārtām ir zemākais tarifs, kas ir par 15% zemāks nekā PV saules paneļiem. Tāpat arī viena no galvenajām priekšrocībām saistās arī ar to, ka PHP turbīnām nav nelabvēlīga ietekme uz vidi, jo nav nepieciešamas aizsprostu būves, kā tas ir liela mēroga hidroelektrostacijām.

Lauku reģionos, lai nodrošinātu elektroenerģiju un sadalītu izmaksas kā viena no izdevīgām iespējām novērtēta PHP iekārtu dalīšana kopienās ar vienu iekārtu nodrošinot elektroenerģiju vairākām kopienas mājāsaimniecībām. Šādā veidā iespējams kopīgi uzstādīt pēc iespējas efektīvākas turbīnas visas izmaksas sadalot uz attiecīgās kopienas cilvēku skaitu un nodrošināt stabilu un drošu, vienlīdzīgu enerģijas piegādi visiem kopienas iedzīvotājiem.

PHP iekārtām pastāv arī daži trūkumi to izmantošanā kā, piemēram, stipra lietus periodos PHP iekārtas var tikt sabojātas un aizskalotas, tāpat arī PHP iekārtas ir viegli pārvietojamas līdz ar to pastāv zādzību riski (Kadier et al., 2018).

2.4.7. Biomasas izmantošanas iespējas mājāsaimniecības sektorā

Mājāsaimniecības sektorā biomasas resursi sniedz iespējas "Eiropa 2020" izvirzīto mērķu sasniegšanai klimata un enerģijas jomā. Ar savu politiku dažādas ES valstis mudina iedzīvotājus rīkoties, piemēram, apkures katlus aizstāt ar efektīvākiem katliem un plašāku atjaunojamās enerģijas izmantošanu. Viens no klasiskākajiem biomasas veidiem, kas tiek izmantots enerģijas ražošanai ir koksne. Ja koksnes kurināmā cirsma platības ir zem gada pieauguma līmeņa, tad koksnes biomasas krājumi nav noplicināti. Ja gada cirsma apjoms pārsniedz pieaugumu, tad tā nav uzskatāma par ilgtspējīgu, izraisot koksnes biomasas samazināšanos, mežu degradāciju un oglekļa neto emisijas. Biomasas izmantošana enerģijas vajadzībām ir nedalāmi saistīta ar organiskā kurināmā pārveidošanas termokīmiskajiem procesiem. Tā nav uzskatāma tikai par sadedzināšanu, energoresursa izmantošanai vai ražošanai iespējams izmantot arī pirolīzes, gazifikācijas un sašķidrināšanas procesos vai bioķīmiskās pārveidošanas - fermentācijas procesus. Izmantotā procesa veids, ir atkarīgs no biomasas resursu veida un apjoma, nepieciešamās enerģijas veida un patērētāju prasībām (Piwowar et al., 2019).

Balstoties uz 2017. gada datiem par visās Eiropas Savienības dalībvalstīs izmantoto biomasu enerģijas ieguvei novērtēts, ka lielāka daļa no cietās biomasas tika izmantota mājāsaimniecībās un enerģētikas sektorā (Malico et al., 2019).

Apzināts, ka visā Eiropas Savienībā koksnes resurs tiek izmantoti gan mājāsaimniecībās gan individuālajai apkurei, gan arī centralizētās siltumapgādes nodrošināšanā.

Apvienotajā Karalistē atrodas vairākas esošas stacijas, kuras kā izejvielas tiek izmantoti biomasas atlikumi no lauksaimniecības un bioloģiski noārdāmi atkritumi. Vairākās Eiropas Savienības dalībvalstīs uzstādītas vairākas neliela mēroga izmēģinājuma iekārtas un stacijas, kurās kā izejvielas tiek izmantotas dažādas enerģijas kultūras kopā veidojot 76% no Eiropas Savienība patērētās biomasas (Robina & Lončarevic, 2017).

Turcija

Turcijā lauku reģionos gandrīz visa biomasas, kas paredzēta enerģijas ieguvei tiek izmantota mājāsaimniecībās, lai nodrošinātu apkuri, silto ūdeni, kā arī ēdiena pagatavošanai. Kurināmā koksne ir lielākais enerģijas avots lauku apvidos, bet ceturtais izmantošanas ziņā lielākais enerģijas avots Turcijā (Robina & Lončarevic, 2017).

2.4.7.1. Biomasas atlikumu izmantošana

Pētījumos novērtēts, ka Turcijā ir plašas iespējas biomasas atlikumus pārvērst enerģijas resursos. Turcijā lauksaimniecības atlikumu enerģijas ekvivalents gadā ir aptuveni 16 Mtoe. Apzināts, ka graudu atlikumus, kviešu salmus, lazdu riekstu čaumalas iespējams izmantot kā enerģijas avotus, jo tiem ir augsts enerģijas ieguves potenciāls. Turcijā katru gadu tiek saražotas aptuveni $3,5 \times 10^5$ tonnas lazdu riekstu čaumalas un līdz ar to tā būtu piemērota izejviela tālākas enerģijas ieguvei. Lazdu riekstu čaumalas augstākais sadegšanas siltums ir 19,2 MJ/ kg. Lazdu riekstu čaumalas iespējams pārveidot gāzveida produktos, kas bagāti ar ūdeņradi, izmantojot tvaika gazifikācijas metodi.

Izmantojot biomasu iespējams iegūt gan elektroenerģiju, gan arī siltumenerģiju izejvielas caur termisko apstrādi pārveidojot kokoglēs vai gāzē. Apzināts, ka koksne ir galvenais kurināmais 6,5 miljonos mājsaimniecību Turcijā (Robina & Lončarevic, 2017).

2.4.7.2. Tehnoloģijas, kuras iespējams izmantot, lai samazinātu negatīvās ietekmes izmantojot cieto biomasu

Biomasas sadedzināšanas iekārtās, kur no tvaika piedziņas turbīnu ģeneratoriem tiek ražota elektrība, pārveidošanas efektivitāte ir robežās no 17 līdz 25%. Apzināts, ka efektivitāti iespējams palielināt līdz pat 85% izmantojot koģenerāciju.

Viena no plašāk izplatītākajām biomasas termiskās pārveides metodēm ir pirolīze, kuru izmantojot iespējams veikt dažāda veida biomasas vai biomasas atlikumu apstrādi. Novērtēts, ka lielāko siltumenerģijas jaudu iespējams sasniegt izmantojot celulozi.

Par alternatīvu biomasas vai tās atlikumu sadedzināšanai izmantojot termiskās pārveides metodes, tiek uzskatīta gazifikācija. Gazifikācijas priekšrocības saistāmas ar augstāku efektivitāti salīdzinot ar sadedzināšanu, piemēram, 40% efektivitāti iespējams sasniegt izmantojot gazifikāciju, bet 26–30% efektivitāti izmantojot sadedzināšanas metodes.

Vēl viens veids enerģijas ieguvei kā avotu izmantojot biomasu ir līdzsadedzināšana. Plaši pielietota ir biomasas sadedzināšana kopā ar kādu no fosilajiem kurināmajiem (piemēram, brūnogleš, akmeņogleš), kam īpaši tiek pievērsta uzmanība, piemēram, Amerikas Savienotajās valstīs vai Nīderlandē. Biomasu iespējams sajaukt ar ogleņiem dažādās proporcijās, sajaucot no 2 līdz 25% vai vairāk. Vienas no līdzsadedzināšanas priekšrocībām saistās ar to, ka nepieciešami mazāki ieguldījumi. Novērtēts, ka līdzsadedzināšana ir efektīvāka, lai biomasu pārveidotu elektroenerģijā. Tabulā 2.29 sniegta informācija par visiem iepriekš apskatītajiem biomasas pārveides veidiem tālākas enerģijas ieguvei.

Tabula 2.29

Biomasas pārveides metodes

Pārveidošanas tehnoloģija	Biomasas tips	Izmantotās degvielas piemērs	Galvenais produkts	Galapatēriņš	Tehnoloģijas statuss
Sadegšana	Sausa biomas	Koka baļķi, skaidas un granulas, cita cietā biomas	Siltums	Siltums un elektrība (tvaika turbīna)	Komerציāls
Līdzdedzināšana	Sausa biomas	Agromežsaimniecība (salmi)	Siltums/elektrība	Elektrība un siltums (tvaika turbīna)	Komerציāls
Gazifikācija	Sausa biomas	Koka skaidas, granulas un cietie atkritumi	Singāze	Siltums (katls) un elektrība (dzinējs, gāzes turbīna)	Komerציāls
Pirolīze	Sausa biomas un biogāze	Koka skaidas, granulas un cietie atkritumi	Pirolīzes eļļa	Siltums (katls) un elektrība (dzinējs)	Komerציāls
Koģenerācija	Sausa biomas	Salmi, mežizstrādes atlikumi, atkritumi un biogāze	Siltums un elektrība	Apvienota siltuma un elektrības izmantošana (sadegšana un gazifikācija)	Komerציāls
Ēterificēšana/presēšana	Eļļas graudi	Eļļas rapsis	Biodīzelis	Siltums (katls), elektrība (dzinējs)	Komerציāls

				un transportlīdzekļu degviela	
Fermentācija/ hidrolīze	Cukura, cietes un celulozes materiāli	Cukurniedres, kukurūza and koksnes biomasa	Etanols	Šķidrās kurināmais un ķīmiskās izejvielas	Komerציāls
Anaerobā noārdīšana	Slapja biomasa	Kūtsmēsli, notekūdeņi un dārzu atlikumi	Biogāze un blakus produkti	Siltums (katls) un elektrība (dzinējs, gāzes turbīna)	Komerציāls

Novērtēts, ka īstermiņā un vidējā termiņā enerģijas piegādē elektroenerģijas un siltumenerģijas nodrošināšanai dominēs biomasa un pielāgotas biomasas sadedzināšanas tehnoloģijas, ka arī vairāk tiks izmantoti biomasas atlikumi (Toklu, 2017).

Biomasas izmantošanas priekšrocības saistās ar to, ka biomasas izmantošanu neietekmē laikapstākļi un tā var tikt vienlīdzīgi nodrošināta visu gadu, tās uzglabāšana ir vienkārša un no biomasas atlikumiem iespējams iegūt konkurētspējīgu enerģiju īpaši izmantojot koģenerācijas tipa granulu sadedzināšanas iekārtas privātajās māsaimniecībās. Saskaņā ar vienā no pētījumiem un prognozēm izmantojot modeli, nākamajās trīs desmitgadēs līdz 2040. – 2045. gadam biomasa tiks atzīta par viskonkurētspējīgāko enerģijas avotu māsaimniecības sektorā (Jordan et al., 2019).

Pētījumos par prognozēm atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanā līdz 2040. gadam novērtēts, ka augstāko efektivitāti iespējams sasniegt izmantojot koksnes granulu gazifikātoru (koģenerācijas) apvienojumā ar PV saules paneļiem un kā papildus elementu ierīkojot siltumsūkni. Galvenais šo sistēmu konkurētspējas motivators ir enerģijas cenu turpmākā attīstība. Palielinoties enerģijas cenām, aprēķināts, ka šķeldas izmantošana no biomasas atlikumiem un enerģijas kultūrām ir visrentablākais veids, kā līdz 2050. gadam samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas par 95% (Jordan et al., 2019).

2.4.7.3. Biomasas sadedzināšana

Spānija

Spānija ir bijusi viena no valstīm ar vislielāko enerģijas atkarību Eiropā. Biomasas izmantošana tiek uzskatīta par svarīgu virzītājspēku enerģijas atkarības mazināšanai. Tehnisko, ekonomisko un pat tirgus šķēršļu esamība ir ierobežojusi termiskās biomasas izmantošanas attīstību. Galvenos secinājumus, kas iegūti, pētot biomasas katlu izmantošanu ēku apkures un karstā ūdens vajadzību segšanai Spānijā, var apkopot šādi:

- Aizvietoējot fosilā kurināmā katlus ar biomasas katliem, kaut arī gala enerģijas patēriņš palielinās, tiek panākts būtisks neatjaunojamo fosilo resursu un CO₂ izmešu samazinājums. Vidēji, aizstājot mazuta katlu, gala enerģijas patēriņš palielinās par 7,19%, neatjaunojamo enerģijas resursu īpatsvars samazinās par 92,28%, un CO₂ izmeši samazinās par 93,78%. Aizstājot sašķidrinātās naftas gāzes katlu, enerģijas patēriņš palielinās par 7,19%, Ne AER patēriņš samazinās par 92,42%, un CO₂ izmeši par 92,39%. Aizstājot dabasgāzes katlu, enerģijas patēriņš palielinās par 30,92%, ne AER resursu lietojums samazinās par 90,66% un CO₂ izmeši par 90,63%. Lai gan ir pierādīts, ka CO₂ izmeši ievērojami samazinās, būtiski palielinās citas emisijas, īpaši CO, NMVOC un PM₁₀;
- biomasas katli rada ievērojamus ietaupījumus visā iekārtas kalpošanas laikā, neskatoties uz nepieciešamajiem lielajiem ieguldījumiem;
- Visas priekšrocības, kas tiek sasniegtas ar biomasas katliem, ir lielākas reģionos ar izteiktāku klimata bardzību ziemā. Klimata joslās ar maigāku ziemu biomasas katlu ieviešana ir mazāk ekonomiski pievilcīga, neraugoties uz acīmredzamiem uzlabojumiem enerģijas un vides līmenī (Casas et al., 2018).

Polija

Polija (līdzās Bulgārijai) pieder valstīm ar visaugstāko gaisa piesārņojumu, kāds reģistrēts Eiropā. Īpaši šī ir teritorija ar lielu PM₁₀ daļiņu saturu (virs 50 µg/ m³). Šeit vislielākās cerības, kas saistītas ar atjaunojamās enerģijas izmantošanu, ir saistītas ar biomasu (Casas et al., 2018).

2.4.7.4. Gāzveida kurināmā ražošana izmantojot biomasu

Nīderlande

Nīderlandes mājsaimniecību sektorā ir dabasgāzes monopols siltuma ražošanai. Tā dēļ pastāv draudi noplicināt valsts rezerves un pat izraisīt zemestrīces ražošanas teritorijā. Nīderlandes valdība un galvenie dabasgāzes nozares dalībnieki ir pauduši interesi būtiski veicināt biogāzes ražošanu. To varētu izmantot esošajā infrastruktūrā.

Biomasas pārstrāde gāzes iegūšanai var notikt bioloģiskās un termokīmiskās apstrādes ceļā. Nīderlandē labāk attīstīts un plašāk izmantots ir bioloģiskās attīstības ceļš – anaerobā digestācija. 2016.gadā šādi tika saražoti aptuveni 13 PJ biogāzes, no kuriem 2,6 PJ tika pārstrādāti, attīrīti un ievadīti kopējā gāzes tīklā. Pretēji anaerobajai digestācijai, biomasas gazifikācijas tehnoloģija, kas paredzēta “zaļās” gāzes ražošanai, netiek īstenota plašā mērogā. Ogļu gazifikācija sintētiskās dabasgāzes ražošanai ir pierādīta tehnoloģija, biomasu gazifikācija joprojām ir pakļauta tehnoloģiskām problēmām, kas ir jārisina.

Dažādu uzņēmumu, pētniecības institūtu, universitāšu darba un to savstarpējās sadarbības rezultātā tapuši vairāki izmēģinājuma stendi un demonstrācijas ražotnes. Izmantojamās bioloģiskas izcelsmes izejvielas ir dažādas, sākot no koksnes lignocelulozes biomasas, gāzveida un šķidra kurināmā (piemēram, singāzes) ražošanai un atkritumiem (atkritumu degviela). Saražotie gala produkti ir gan elektroenerģijas, gan siltumenerģija. Iegūstamie gāzveida kurināmā veidi ir biogāze, sintēzes un sintētiskā dabasgāze (SNG). SNG ir “zaļā gāze”, kas piemērota ievadīšanai dabasgāzes tīklā. Šķidrās kurināmās ir dimetilēteris (DME) un Fišera-Tropša dīzeļdegviela (FT Diesel), kas ir atjaunojamā transporta degviela.

Dažādi uzņēmumi, pētniecības institūti, universitātes un sadarbība starp tiem veicinājumi izmēģinājumus un demonstrācijas ar augiem. Bioloģiskas izcelsmes izejvielas ir dažādas, sākot no koksnes lignocelulozes biomasas, gāzveida un šķidra kurināmā (piemēram, sintēzes) un atkritumiem (atkritumu degviela) (Miedema et al., 2019).

Biomasas gazifikācija Nīderlandē joprojām ir pakļauta tehnoloģiskām problēmām, kuras ir jāatrisina. Viens no būtiskākajiem jautājumiem ir alternatīvas siltumapgādes infrastruktūras trūkums. Infrastruktūra pieder gan privātiem īpašniekiem gan mājokļu korporācijām ar tās īrniekiem. No sabiedrības viedokļa, liela mēroga zaļās gāzes ražošanai biomasas gazifikācijas ceļā ir priekšroka salīdzinājumā ar citām AER alternatīvām. Traucēkļus “zaļās” gāzes izmantošanai pieprasījuma pusē rada sociālie un ekonomiskie šķēršļi. Mājokļu korporācijas apgalvo, ka tām ir ierobežoti finanšu līdzekļi investīcijām un ir grūti pārliecināt īrniekiem pieņemt lielāku īres cenas, lai radītu finanšu līdzekļus investīcijām. Pāreja uz citu tehnoloģiju prasa lielus ieguldījumus un mājsaimniecības sektors neizjūt ekonomisko stimulu pāriet no dabasgāzes uz citu apkures tehnoloģiju. Pašreizējais mērķis ir energoefektivitātes sertifikāti B un C, kas varētu ietekmēt īpašuma mājokļu sabiedrību un privāto sektoru, jo varētu atvieglot šādu pretestību pārmaiņām. Piedāvājuma pusē tehnoloģiskais šķērslis ir biomasas gazifikācijas tehnoloģiju mēroga palielināšana. Šo palielināšanu kavē augstais ieguldījumu risks un neprognozējamas biomasas cenas. Nav noteiktas skaidras politikas attiecībā uz gaidāmo biomasas gazifikācijas lomu “zaļajai” gāzei. Galvenie dalībnieki dabasgāzes tirgū ir pauduši skaidras cerības uz “zaļo” gāzi, bet vilcinās uzņemties risku, ieguldot gazifikācijas tehnoloģijas plašā mērogā. Līdz ar to šo tehnoloģisko ierobežojumu var uzskatīt par ekonomiskās un politiskās barjeras rezultātu. Iespējamais risinājums, lai pārvarētu šo status quo, var būt valsts un privātā sektora partnerības vai kopuzņēmumos. Šādas partnerattiecības varētu mazināt riskus privātpersonām un var sasaitīt tehnoloģijas ar tirgu vai vajadzības pieprasījuma pusē.

Papildus biomasas gazifikācijas tehnoloģijas ieviešanai biomasas pieejamība enerģijas ražošanas mērķim joprojām ir nenoteikts faktors. Iekšzemes biomasas nepietiekamība ir prognozēta jau 2030. gadā, tādēļ būs nepieciešams biomasas imports. Iespējamais "zaļās" gāzes tirgus no biomasas gazifikācijas dzīvojamo ēku sektorā var būt pietiekoši liels, lai radītu vajadzību attīstīt šādas starptautiskas biomasas piegādes ķēdes. Ņemot vērā gaidāmo iekšzemes izejvielu trūkumu un potenciāli lielo pieprasījumu, šādām starptautiskām piegādes ķēdēm ir nepieciešamas īpašas enerģijas kultūru ražošanas sistēmas (Miedema et al., 2019).

Tika secināts, ka pastāv četri ierobežojumi, kas kavē biomasas gazifikācijas izmantošanu "zaļās" gāzes ražošanai, kas ir sistēmiski šķēršļi, kas galvenokārt saistīti ar institucionālām problēmām un finanšu un zināšanu infrastruktūru. Energoefektivitātes pasākumi ļautu samazināt gāzes pieprasījumu tomēr dzīvojamā sektorā, ar energoefektivitāti saistīto pārmaiņu temps atpaliek no valdības plānotā grafika. Īrēto dzīvokļu sektorā tas ir saistīts ar ierobežotiem finanšu līdzekļiem, tirgus modeļa un politikas nolīgumu neesamību. Līdz ar to ir grūti pārvarēt īrnieku pretošanos pārmaiņām, jo trūkst intereses par energoefektivitāti un/vai ir nedrošība attiecībā uz to ikmēneša izmaksām.

Privātajā sektorā, obligātās politikas trūkums un izpratnes trūkums kavē pārmaiņas energoefektivitātes un AER izmantošanas virzienā. Turklāt gan mājokļu korporācijām, gan privātiem īpašniekiem infrastruktūras trūkums rada tehniskus riskus un negatīvi ietekmē atjaunojamās siltumenerģijas tehnoloģiju un energoefektivitātes īstenošanu. Tirgus modeļa neesamība rada šķēršļus gan pieprasījuma, gan piedāvājuma pusē (Miedema et al., 2018), (Schipfer et al., 2019).

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Askeland, K.; Bozhkova, K.N.; Sorknæs, P. Balancing Europe: Can district heating affect the flexibility potential of Norwegian hydropower resources? *Renewable Energy*. 2019, 141, 646-656. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.03.137>.
- Ba'c, A.; Nem's, M.; Nem's, A.; Kasperski, J. Sustainable Integration of a Solar Heating System into a Single-Family House in the Climate of Central Europe—A Case Study. *Sustainability*. 2019, 11(15), 4167. <https://doi.org/10.3390/su11154167>.
- Bleicher, A.; Gross, M. Geothermal heat pumps and the vagaries of subterranean geology: Energy independence at a household level as a real world experiment. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016, 64, 279-288. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.013>.
- Camara, N'F.; Xu, D.; Binyet, E. Enhancing household energy consumption: How should it be done? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, 81, 669-681. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.07.060>.
- Casas, J.L.H.; Ochoa, L.M.L.; Paredes-Sánchez, J.P.; López-González, L.M. Implementation of biomass boilers for heating and domestic hot water in multi-family buildings in Spain: Energy, environmental, and economic assessment. *Journal of Cleaner Production*. 2018, 176, 590-603. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.061>.
- Chen, C.F.; Wang, Yu.; Adua, L.; Bai, Hua. Reducing fossil fuel consumption in the household sector by enabling technology and behavior. *Energy Research & Social Science*. 2020, 60, 101402. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.101402>.
- Comino, E.; Dominici, L.; Ambrogio, F.; Rosso, M. Mini-hydro power plant for the improvement of urban water-energy nexus toward sustainability - A case study. *Journal of Cleaner Production*. 2020, 249, 119416. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119416>.
- Cruz, T.; Schaeffer, R.; Lucena, A.F.P.; Melo, S.; Dutra, R. Solar water heating technical-economic potential in the household sector in Brazil. *Renewable Energy*. 2020, 146, 1618-1639. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.06.085>.
- Fikru M.G.; Gelles, G.; Ichim, A.M.; Smith, J.D. Notes on the Economics of Residential Hybrid Energy System. *Energies*. 2019, 12 (14), 1-18.
- Ghaith, A.F.; Epplin, F.M.; Frazier, R.S. Economics of grid-tied household solar panel systems versus grid-only electricity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017, 76, 407-424. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.079>.
- Ghaith, A.F.; Epplin, F.M.; Frazier, R.S. Economics of household wind turbine grid-tied systems for five wind resource levels and alternative grid pricing rates. *Renewable Energy*. 2017, 109, 155-167. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.03.033>.
- Grapow, F.; Raszewska, D.; Skalski, R.; Czarnecki, J.; Telega, K.; Miller, M.; Rogowski, P.; Prociów, M. Small wind, big potential: HAWT design case study. *Energy*. 2018, 161, 939-954. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.07.049>.
- Hannse, K.G.; Heidenstrøm, N.; Vittersø, G.; Madsen, L.V.; Jacobsen, M.H. Selling and installing heat pumps: influencing household practices. *Building Research & Information*. 2017, Volume 45, Issue 4, 359-370. <https://doi.org/10.1080/09613218.2016.1157420>.
- Hall, S.; Foxon, T.J. Values in the Smart Grid: the co-evolving political economy of smart distribution. *Energy Policy*. 2014, 74, 600-609. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.08.018>.
- Hakimi, S.M.; Saadatmandi, M.; Khan, M.S.; Catalão, J.P.S., Smart household management systems with renewable generation to increase the operation profit of a microgrid. *IET Smart Grid*. 2019, Volume 2, Issue 4, 522 – 528. <https://doi.org/10.1049/iet-stg.2018.0299>.
- Inderberg T. H. J.; Tews, K.; Turner, B. Is there a Prosumer Pathway? Exploring household solar energy development in Germany, Norway, and the United Kingdom. *Energy Research & Social Science*. 2018, 42, 258-269. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.04.006>.

- Jordan, M.; Lenz, V.; Millinger, M.; Oehmichen, K.; Thran, D. Future competitive bioenergy technologies in the German heat sector: Findings from an economic optimization approach. *Energy*. 2019, 189, 116194. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116194>.
- Kadier, A.; Kalil, M.S.; Pudukudy, M.; Hasan, H.A.; Mohamed, A.; Hamid A.A. Pico hydropower (PHP) development in Malaysia: Potential, present status, barriers and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, 81, 2796-2805.
- Karytsas, S.; Choropanitis, L. Barriers against and actions towards renewable energy technologies diffusion: A Principal Component Analysis for residential ground source heat pump (GSHP) systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017, 78, 252-271. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.060>.
- Leary, J.; Schaube, P.; Clementi, L. Rural electrification with household wind systems in remote high wind regions. *Energy for Sustainable Development*. 2019, 52, 154-175. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.07.008>.
- Miedema, J.H.; Van der Windt, H.J.; Moll, H.C. Opportunities and Barriers for Biomass Gasification for Green Gas in the Dutch Residential Sector. *Energies*. 2018, 11, 2969. <https://doi.org/10.3390/en11112969>.
- Malico, I.; Pereira, R.N.; Gonçalves, A.C.; Sousa, A.M.O. Current status and future perspectives for energy production from solid biomass in the European industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019, 112, 960-977. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.06.022>.
- Nilsson, A.; Wester M.; Lazarevic, D.; Brandt, N. Smart homes, home energy management systems and real-time feedback: Lessons for influencing household energy consumption from a Swedish field study. *Energy and Buildings*. 2018, 179, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.026>.
- Piowar, A.; Dzikuć, M. Development of Renewable Energy Sources in the Context of Threats Resulting from Low-Altitude Emissions in Rural Areas in Poland: A Review. *Energies*. 2019, 12, 3558. <https://doi.org/10.3390/en12183558>.
- Robina, V.K.G. & Lončarevic, A.K. Implementation of the new statistics approach on final energy consumption of biomass in household sector in three countries: Croatia, Bosnia and Herzegovina and Macedonia. *Energy Conversion and Management*. 2017, 149, 1010-1018. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.04.100>.
- Schipfer, F.; Kranzl, L. Techno-economic evaluation of biomass-to-end-use chains based on densified bioenergy carriers (dBECs). *Applied Energy*. 2019, 239, 715-724. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.219>.
- Tervo, E.; Agbim, K.; DeAngelis, F.; Hernandez, J.; Kim, H.K.; Odukomaiya, A. An economic analysis of residential photovoltaic systems with lithium ion battery storage in the United States. *Renew. Sustain. Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, 94, 1057-1066. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.06.055>.
- Toklu, E. Biomass energy potential and utilization in Turkey. *Renewable Energy*. 2017, 107, 235-244. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.02.008>.
- Yu, Z.; Gou, Z.; Qian, F.; Fu, J.; Tao, Y. Towards an optimized zero energy solar house: A critical analysis of passive and active design strategies used in Solar Decathlon Europe in Madrid. *Journal of Cleaner Production*. 2019, Volume 236, 117646. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.117646>.

2.5. ATJAUNOJAMĀS ENERĢIJAS IZMANTOŠANAS IESPĒJAS TRANSPORTA SEKTORĀ

Saskaņā ar Enerģētikas informācijas administrācijas (EIA) 2015. gada datiem transporta sektors šajā gadā veidoja 40% no kopējā pasaules enerģijas patēriņa un 29% no kopējām oglekļa dioksīda emisijām. Alternatīva fosilā kurināmā aizstāšanai ir tradicionālo transportlīdzekļu aizstāšana ar elektriskajiem transportlīdzekļiem ar iekšdedzes dzinējiem, kas novērtēts kā viens no risinājumiem enerģijas patēriņa un transporta radīto emisiju samazināšanai.

Transporta sektorā siltumnīcefekta gāzu emisijas ietekmē vairāki faktori, piemēram, iedzīvotāju skaita pieaugums, pieaugošais automašīnu skaits, ierobežotās sabiedriskā transporta iespējas un salīdzinoši lētā degviela (benzīns vai dīzeļdegviela) (Settou et al., 2019).

Transporta sektors ir viens no lielākajiem siltumnīcefekta gāzu emisiju radītājiem, un, lai samazinātu emisijas, ir jāatrod labākā alternatīva fosilā kurināmā aizstāšanai.

Gan transporta, gan apkures elektrifikācija var samazināt CO₂ izmešus par aptuveni 25 līdz 30%. Gan transporta, gan apkures elektrifikācija var samazināt CO₂ izmešus par aptuveni 25 līdz 30%. Vel viens no risinājumiem var būt viedā uzlāde, kas sniedz iespēju efektīvāk pārvaldīt elektroenerģijas pieprasījumu transportam. Gan elektroenerģijas ražošanas īpatsvara palielināšana izmantojot atjaunojamās enerģijas avotus, gan arī plašāka elektrifikācija, kā arī viedās tehnoloģijas šobrīd tiek uzskatīti par galvenajiem instrumentiem, lai izveidotu un nodrošinātu ilgtspējīgāku enerģijas sistēmu (Bellocchi et al., 2020).

Itālija

Novērtēts, ka Itālijā ir viens no augstākajiem īpatsvaram atjaunojamo enerģijas avotu ražošanas jomā, kā arī vienas no lielākajām hidroelektrostacijām. Saskaņā ar Itālijas Nacionālā enerģijas un klimata plānu viens no mērķiem ir pakāpeniski, bet ievērojami palielināt atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanas īpatsvaru. Tiek prognozēts, ka elektrisko automašīnu īpatsvars pieaugs līdz tradicionālo transportlīdzekļu pilnīgai nomainībai.

Aprēķināts, ka degviela, kas tiek izmantota privātajos transportlīdzekļos ir oglekļa ietilpīgāka salīdzinot elektroenerģiju, kuras ražošanai netiek izmantots ogleklis (Bellocchi et al., 2020).

2.5.1. Ūdeņradis

Ūdeņraža izmantošana transportā novērtēts kā viens no būtiskākajiem veidiem, kādā iespējams samazināt transporta radītā emisijas. Ūdeņraža ieguves process uzskatāms par komplicētu, bet saskaņā ar ekspertu viedokli tīra ūdeņraža ražošanai iespējams izmantot atjaunojamās enerģijas avotus (Bellocchi et al., 2020; Anguita et al., 2018).

2.5.2. Elektroenerģija

Viena no elektrisko transportlīdzekļu priekšrocībām saistās ar to, ka ir iespējams veikt to uzlādi, vienlaikus braucot ar to un uzglabājot enerģiju no reģeneratīvās bremsēšanas.

Izmantojot elektriskos automobīlus neveidosies emisijas, tomēr pašas elektroenerģijas ražošanā var veidoties ievērojams izmešu apjoms, ja netiek izmantoti atjaunojamie enerģijas avoti.

Elektrisko transportlīdzekļu trūkumi saistās ar to, ka šo transportlīdzekļu pilnīgai uzlādei nepieciešams laiks līdz 12 stundām. Ar elektrisko automobīli iespējams nobraukt no 160 līdz 500 km.

2.5.3. Biodegviela

Biodegviela parasti tiek klasificēta kā pirmās, otrās un trešās paaudzes atkarībā no biomasas veida, ko izmanto kā izejvielas - pārtikas, nepārtikas un aļģu biomasas. Šķidrā biodegviela ir etanols, no kura vairāk nekā 80% nāk no kukurūzas un cukurniedrēm. Biodegviela parasti tiek klasificēta kā pirmās, otrās un trešās paaudzes atkarībā no biomasas veida, ko izmanto kā izejvielas - pārtikas, nepārtikas un aļģu biomasas. Biodegviela parasti tiek izmantota sajaukta kopā fosilo degvielu (Sydney et al., 2019).

Pētījumos salīdzinošā analīze parādījusi, ka elektro auto ieviešana no enerģijas piegādes viedokļa ir labākā alternatīva, bet biodegvielas stratēģija varētu sniegt maksimālo labumu patērētājiem (Shafiei et al., 2015).

Šobrīd lielākais saražotā udeņraža daudzums galvenokārt tiek izmantots naftas rafinēšanai un amonjaka ražošanas procesam. Udeņradi iespējams izmantot dažādiem mērķiem, tomēr udeņraža izmantošana transporta nozarē joprojām vērtējama kā neliela (Ajanovic & Haas, 2020).

Novērtēts, ka degvielas vietā izmantojot udeņradi transporta sektorā būtu iespējams sasniegt lielāku efektivitāti. Neskatoties uz to udeņraža izmantošanas trūkumi transporta sektorā saistās ar augstajām investīciju izmaksām (Ajanovic & Haas, 2018).

Griekija

Pētījumā tika piedāvāti divi scenāriji, kādos būtu iespējams samazināt enerģijas patēriņu un CO₂ emisijas. Veiktā analīze parādīja, ka Grieķijas autotransporta nozari būtu iespējams dekarbonizēt, izmantojot dažādas alternatīvas tehnoloģijas un degvielu kombinācijas.

Veiktajā pētījumā labākais scenārijs apvieno palielinātu biodegvielas izmantošanu, elektrisko transportlīdzekļu un benzīna transportlīdzekļu izplatību, pieņemot, ka elektrība tiek ražota izmantojot atjaunojamus enerģijas avotus (Tsita et al., 2017).

Elektrolīzes - udeņraža izmantošana kā degviela transportā novērtēts kā energoefektīvākais risinājums.

Kīna

Transporta sektors ir galvenais CO₂ emisiju un naftas patēriņa avots Ķīnā. Transporta sektors Ķīnā veido ap 37% no kopējā naftas patēriņa Ķīnā un veido būtisku oglekļa dioksīda emisiju daļu (Wang et al., 2019).

Nikaragva

Nikaragvas pētījumos novērtēts, ka tīrākas enerģijas ieviešanai transporta sektorā pastāv trīs iespējamie varianti:

1. Šķidrā biodegviela. Šķidrās kurināmais tiek iegūts kā izejvielas izmantojot kultūras vai biomasu (biomasas - šķidrās kurināmais (BTL)). Novērtēts, ka biodegviela jau šobrīd efektīvi integrēta kopējā degvielas sistēmā;
2. Biodegvielu iespējams sajaukt un izmantot kopā ar naftas atvasinājumiem (benzīnu un dīzeļdegvielu);
3. Biogāze vai biometāns. Līdz noteiktai pakāpei attīrītu biogāzi sauc par biometānu, un to iespējams integrēt kopā ar dabasgāzi tīklā vai izmantojot ar dabasgāzi transportlīdzekļos vai divkāršās degvielas transportlīdzekļos;
4. Transporta elektrifikācija (Vanegas Cantarero, 2019).

2.5.4. Saules enerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā

2.5.4.1. Saules ceļi

Alžīrija

Pētījumā tika novērtēta enerģijas piegāde, kas iegūta no saules enerģijas izmantojot saules ceļu tehnoloģijas. Alžīrijas pētījuma rezultāti parādīja, ka ceļos integrēti saules PV paneļi spēj saražot vairāk nekā 804 GWh gadā, kas atbilst 13778 tonnām ūdeņraža gadā un izmantojot saules ceļu tehnoloģijas iespējams ietaupīt $41 \cdot 10^3$ litrus fosilā kurināmā, kas parasti ir benzīns, kā arī kopuma transporta sektorā samazināt siltumnīcefekta gāzu emisijas par 216 tonnām gadā.

2.5.4.2. Elektriskie transportlīdzekļi

Apzināts, ka pastāv seši enerģijas pārvades konfigurācijas veidi, kas tiek izdalīti atkarībā no enerģijas avota - elektriskie transportlīdzekļi (BEV), kurināmā elementu elektriskie transportlīdzekļi (FCEVs) un kurināmo elementu hibrīdie elektriskie transportlīdzekļi (FCHEV) (Settou et al., 2019).

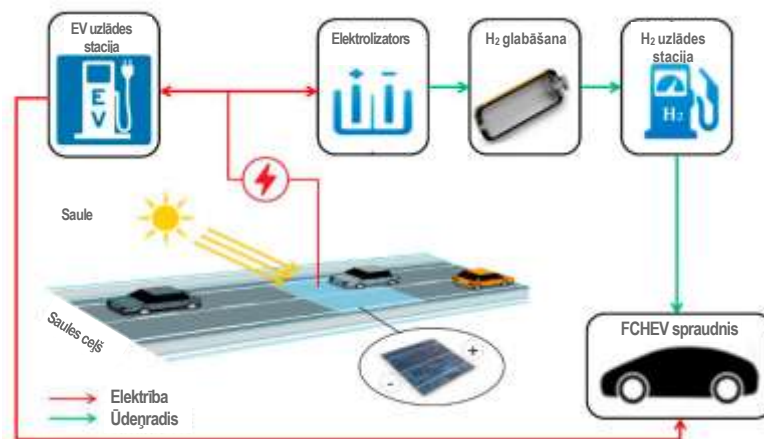
Kurināmā elementu hibrīdo elektrisko transportlīdzekļu (FCHEV) izmantošana un īpatsvara palielināšana vairāk koncentrēta uz elektroenerģijas un/vai ūdeņraža uzpildes infrastruktūras attīstību ar mērķi nodrošināt lielāku enerģijas piegādes atbalstu.

Elektrisko automašīnu izmantošanas trūkumi galvenokārt saistās ar uzlādes staciju, kas nodrošina elektroenerģiju vai/un ūdeņradi, pieejamību. Viens no iespējamiem risinājumiem uzlādes staciju pieejamības problemātikai ir saules ceļu tehnoloģiju ieviešana.

Saules ceļu tehnoloģiju izmantošana var būt būtisks instruments veidojot decentralizētu enerģijas piegādi caur uzlādes stacijām. Pēc definīcijas saules ceļu tehnoloģijas veido saules enerģijas PV paneļi, kas tiek uzstādīti uz ceļa pārveidojot saules enerģiju elektroenerģijā.

Koncepcijas pamatā ir ideja aizstāt asfalta ceļus ar saules PV paneļiem, kas spēj savākt un to pārveidot elektroenerģijā. Katru PV paneli var veidot vismaz trīs apakšējie slāņi - virsmas slānis, elektronikas slānis, pamatnes slānis. Saules enerģijas PV panelis izmantošanai ceļiem tiek veidots no polikristāliska silīcija. Ar saules PV paneļiem saražotā elektroenerģija tiek izmantota, lai nodrošinātu enerģiju Plug-in-FCEV uzlādes stacijām (Att. 2.46).

Uzlādes stacijās pieejamais ūdeņradis tiek iegūts caur elektrolīzes procesu, ūdeņradis tiek uzglabāts uzkrājvertnēs (Settou et al., 2019).



Att. 2.46. Saules ceļu tehnoloģiju shematiska diagramma

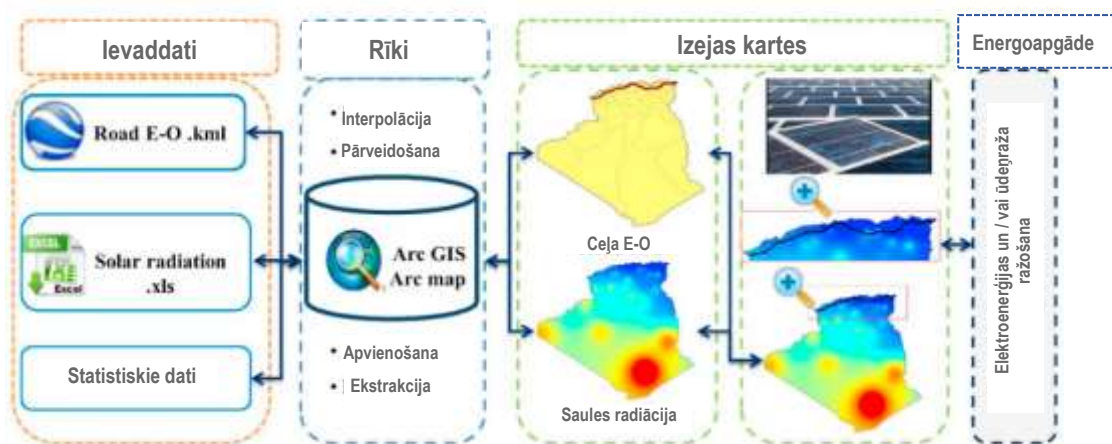
Viens no piemēriem, kur tiek izmantotas saules ceļu tehnoloģijas ir Francijas uzņēmums *BTP COLAS*, kas 2016. gadā izveidoja jaunus saules enerģijas PV paneļus iestrādāšanai ceļos (*Watt-Ways*) posmos no 10 m² līdz 50 m².

Saules ceļu tehnoloģiju priekšrocības saistās ar to, ka saules enerģijas PV paneļus ir iespējams attiecīgi pielāgot jebkura veida ceļu infrastruktūrai, piemēra, šosejām, stāvvietām, veloceliņiem. Saules paneļus iespējams uzstādīt arī uz esošā seguma pirms tam neveicot inženiertehniskas pārbūves vai citus ceļa pielāgošanas darbus pirms paneļu uzstādīšanas. Prognozēts, ka saražotā elektroenerģija var sasniegt 280 MWh gadā, bet vasarā - 1500 kWh dienā.

Ķīnā līdz ar saules ceļu tehnoloģiju ieviešanu veikti arī dažādi uzlabojumi, piemēram, netālu Pekinai esošajā Šandunas provinces galvaspilsētā uz ceļiem ieviesta saules ceļu avārijas josla. Aprēķināts, ka izmantojot saules ceļu tehnoloģijas minētais ceļš var saražot līdz miljonam kWh enerģijas, kas ir pietiekams elektroenerģijas apjoms, lai Ķīnā ar elektroenerģiju nodrošinātu aptuveni 800 mājsaimniecības.

(Settou et al., 2019) pētījumā tika identificēti trīs galvenie aprēķina posmi ar mērķi, pamatojoties uz ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (ĢIS) modeļa datiem, novērtēt elektroenerģijas un ūdeņraža ražošanas apjomus kā enerģijas avotu izmantojot saules PV paneļus.

Vienu datu kopu veido ceļu nosaukumi, garumi, katra segmenta ģeogrāfiskās koordinātas, kā arī informācijas par satiksmes intensitāti. Otru datu kopu veido meteoroloģiska rakstura informācija par ikgadējo saules siltuma starojuma intensitāti (kWh/m².gads) (Att. 2.47).



Att. 2.47. Ģeogrāfiskās informācijas sistēmas modeļa dati

Veiktajā pētījumā tika izmantota apgrieztā attāluma svērtā (IDW) metode, lai novērtētu pieejamo saules enerģijas potenciālu Alžīrijā.

Saules enerģijas potenciāla novērtēšanai tika izmantota saules karte, kur katra šūna satur kvantitatīvu informāciju par saules starojuma intensitāti konkrētajā teritorijā.

2.5.4.3. Ūdeņradis

Elektrolizators izmantojot saules enerģiju vada elektrolīzes procesu, kuru rezultātā tiek iegūts ūdeņradis, ko tālāk kā enerģijas avotu iespējams izmantot transportlīdzekļos. Elektrolizatora efektivitāte ir 75%. Lai iegūtu vienu kg ūdeņraža izmantojot elektrolizatoru tika patērēts 53,2 kWh (Settou et al., 2019).

Veiktā pētījuma mērķis bija novērtēt saules ceļu tehnoloģiju ieviešanas iespējas Alžīrijas transporta sektorā. Pētījumā tika novērtētas un parādītas arī ūdeņraža ieguves iespējas, ceļos izmantojot saules paneļus, lai nodrošinātu elektroenerģiju. Pētījumā tika novērtēts, ka saražotais ūdeņradis var tikt izmantots ūdeņraža uzlādes stacijās. Saskaņā ar veiktā pētījuma rezultātiem gada laikā izmantojot saules ceļu tehnoloģijas uz ceļa E-O tika saražots 804 GWh elektroenerģijas. Savukārt, izmantojot iegūto elektroenerģiju gad laikā bija iespējams iegūt 13778,39 tonnas ūdeņradi. Tā rezultātā tika ievērojami samazināti CO₂ emisiju apjomi un ietaupīta degviela. Pētījumā novērtēts, ka CO₂ emisijas samazinājās par 216 tonnām, izmantojot transportlīdzekļi Plug-in-FCEVs. Tālāka pētījuma izstrādē būtiski jautājumi būtu tādi kā - ūdeņraža staciju atrašanās vietas izvēle, gadalaiku ietekme uz ūdeņraža ražošanu, nepieciešamais elektroenerģijas daudzums, kas vajadzīgs elektrisko automašīnu uzlādes stacijās (Settou et al., 2019).

2.5.5. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā

2.5.5.1. Vējš – ūdeņradis

Zviedrija

Saspiestais un uzglabātais ūdeņradis, kas saražots izmantojot vēja enerģiju var tikt izmantots kā degviela transporta sektorā samazinot fosilā kurināmā importu un vienlaikus samazinot arī siltumnīcefekta gāzu emisiju līmeni. Līdz ar to, izmantojot vēja enerģiju ražots ūdeņradis var būt viens no nozīmīgiem risinājumiem, lai transporta sektorā fosilā degviela tiktu aizstāta ar atjaunojamiem enerģijas resursiem.

Vēja enerģija pēdējos gados aizvien biežāk tiek izmantota transporta nozarē, lai saražoto elektroenerģiju izmantotu ūdeņraža ražošanā un tālāk kā fosilās degvielas alternatīvu elektriskajos transportlīdzekļos. Novērtēts, ka Zviedrijā, izmantojot vietējos vēja enerģijas resursus tos pārvēršot elektroenerģijā (aptuveni 860 TWh) iespējams saražot ūdeņradi aptuveni 25580 kilotonnas gadā.

Pētījumos apzināts, ka izmantojot 530 kilotonnas ūdeņradi, kas saražots izmantojot no vēja iegūto elektroenerģiju, fosilās degvielas patēriņu un CO₂ emisiju daudzumu iespējams samazināt pat līdz 50%.

Vēja enerģijas izmantošanas trūkumi saistās ar vēja enerģijas periodiskumu. Neskatoties uz to Zviedrijā pieejamais vēja enerģijas potenciāls novērtēts kā augsts un līdz ar to arī iespējas ražot ūdeņradi, kas paredzēts transportlīdzekļiem. Ūdeņraža ieguve un uzglabāšana kā enerģijas avotu izmantojot vēja enerģiju tiek uzskatīta par efektīvu risinājumu, lai palielinātu vēja enerģijas integrēšanu kopējā valsts enerģētiskās sistēmā (Siyal et al., 2015).

Saražotais ūdeņradis var tikt izmantots ne tikai transporta sektorā, bet arī tas var tikt pārvadīts tīklā nodrošinot elektroenerģiju, apkuri vietējām vai no pilsētām attālākām apdzīvotām vietām. Ar vēja enerģiju saražotais ūdeņradis kā enerģijas nesējs var tikt izmantots, lai kompensētu vēja enerģijas pārtraukumus gadījumos, kad nevar tikt nodrošināts pietiekams vēja ātrums (m/s).

Saražotais ūdeņradis darbojas kā enerģijas nesējs un tā izmantošanas priekšrocības saistāmas arī ar enerģijas piegādes drošību, enerģijas nodrošināšanas iespējām lauku reģionos, kā arī pašu lauku attīstību, tāpat arī ekonomiskajiem un sociālajiem ieguvumiem.

Šobrīd saskaņā ar pastāvošajām tendencēm saražotais ūdeņradis tiek izmantots rūpniecības sektorā pievēršot mazāku lomu elektroenerģijas nodrošināšanai mājāsaimniecībās un ūdeņraža izmantošanai transporta sektorā. Pētījumos apzināts, ka Amerikas Savienotajās Valstīs gada laikā tiek saražoto 10 līdz 11 miljoni tonnu ūdeņraža un ar šādu daudzumu iespējams uzpildīt aptuveni 20 līdz 30 miljonus automašīnu. Šobrīd no rūpniecības procesiem ūdeņradis tiek izmantots naftas pārstrādes

rūpnīcās jēlnaftas apstrādē, kā arī pārtikas rūpniecībā, lai nodrošinātu hidrogenēšanas procesu, tāpat arī metālapstrādei un amonjaka ražošanas procesos.

Zviedrijas enerģētikas politikas nostādņēs noteikts, ka fosilā kurināmā izmantošana apkures nodrošināšanai jāpārtrauc ar 2020.gadu, savukārt no 2030. gada jāpārtrauc izmantot fosilā degviela transporta nozarē un līdz ar to ūdeņradis, kas saražots izmantojot vēja enerģijas resursus var būt kā efektīva alternatīva.

2.5.5.2. Apkopojums par ūdeņraža izmantošanas priekšrocībām

Ūdeņradis var tikt izmantots kā degviela transportlīdzekļos ar metānu (CH_4). Ūdeņradis var tikt izmantot sintētiskās degvielas ražošanā līdzīgi kā metāns vai cita ogļūdeņraža degviela.

Ūdeņraža izmantošanas vienas no priekšrocībām saistāmas ar degvielas patēriņa ievērojamu samazināšanu. Izmantojot 530 kilotonnas ūdeņraža gada laikā benzīna patēriņu iespējams samazināt pat par 50% - no 2900 kilotonnām uz 1450 kilotonnām, savukārt CO_2 emisijas samazināt attiecīgi no 8700 kilotonnām līdz 4350 kilotonnām.

Kā elektroenerģijas avotu izmantojot vēja enerģiju saražotā ūdeņraža izmantošanas priekšrocības saistās arī ar ekonomiskiem ieguvumiem. Amerikas Savienotajās Valstīs aprēķināts, ka aizstājot benzīna degvielu ar atjaunojamo ūdeņraža degvielu gada laikā kopumā ir iespējams ietaupīt 4249 miljonus ASV dolāru, pamatojoties uz benzīna degvielas cenu 2930 ASV dolāri.

Vēja - ūdeņraža enerģijas potenciālu ietekmē izmantotās vēja turbīnas jauda, rumbas augstums un protonu apmaiņas membrānas elektrolizatora efektivitāte.

2.5.5.3. Trūkumi un risinājumi, kas saistās ar ūdeņraža izmantošanu

Novērtēts, ka dabasgāzes izmantošanai kopā ar ūdeņradi ir augsta efektivitāte. Lai nodrošinātu labāku sadegšanas efektivitāti transportlīdzekļos kā degvielu iespējams izmantot saspiestas dabasgāzes un atjaunojamā ūdeņraža maisījumu proporcijā 20% ūdeņraža un 80% dabasgāze.

Pētījumos aprēķināts, ja ūdeņraža gāze tiek saražota kā enerģijas avotu izmantojot kādu no atjaunojamās enerģijas avotiem, kas spēj nodrošināt elektroenerģijas ieguvu, tad kā degvielu izmantojot dabasgāzes un ūdeņraža maisījumu kopējās transportlīdzekļu radītās CO_2 , THC un No_x emisijas var tikt samazinātas attiecīgi par 10%, 30%, 18%.

Neskatoties uz priekšrocībām, ūdeņraža ieguves procesā veidojas arī emisijas. Aprēķināts, ka 970 g $\text{CO}_2/\text{kg H}_2$ veidojas ūdeņraža pārveides procesā. No radītajām CO_2 emisijām daļu sastāda emisijas, kas veidojas turbīnu darbības laikā un elektrolīzes procesā, kā arī ūdeņraža saspiešanas un uzglabāšanas laikā.

Viens no ievērojamākiem vēja enerģijas trūkumiem saistās ar to, ka nepietiekoša vēja ātruma gadījumos pilnībā nevar tikt nodrošināta attiecīgā slodze ūdeņraža ražošanai. Ūdeņraža kā kurināmā izmantošanas trūkumi saistāmi arī ar to, ka ūdeņraža padeves un izmantošanas iespējas esošajās gāzes turbīnās tehnoloģisko iemeslu dēļ ir ierobežotas.

Viens no efektīvākajiem risinājumiem stabilas slodzes nodrošināšanai ir izmantot hibrīdās enerģijas sistēmas elektroenerģijas ieguvei un ar šādu risinājumu iespējams nodrošināt stabilu elektroenerģijas piegādi pieslēgtā tīklā un arī ārpus tīkla (Siyal et al., 2015).

Vācija

Novērtēts, ka Vācijā vēja enerģijas izmantošanai siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanā ir būtiska nozīme. Saskaņā ar 2017. gada datiem izmantojot vēja enerģiju tika sasniegta 56100 MW jauda.

Viens no vēja enerģijas trūkumiem vai ierobežojumiem saistās ar tās pieejamību atkarībā no ģeogrāfiskās atrašanās vietas, klimatiskajām un reģionālajām atšķirībām.

Līdz ar plašu vēja enerģijas piegādi veidojas arī vēja pārpalikumi. Viens no risinājumiem vēja enerģijas ilgtspējīgai izmantošanai neveidojot pārpalikumus ir enerģijas uzkrāšana ražojot ūdeņradi kā enerģijas avotu izmantojot atjaunojamo vēja enerģiju. Neskatoties uz plašo vēja enerģijas potenciālu transporta sektorā aizvien tiek izmantoti lieli fosilās degvielas apjomi. Vācijā kā viens no iespējamiem risinājumiem vēja enerģijas pārpalikumu samazināšanai un SEG emisiju mazināšanai transporta sektorā novērtēts uzglabātās un saspīestās ūdeņraža gāzes izmantošana fosilā kurināmā vietā.

Vēl viena no ūdeņraža gāzes priekšrocībām Vācijas kontekstā saistīta ar aizsardzības nodrošināšanu pret īstermiņa piegādes traucējumiem, kas saistīts ar to, ka visa jēlnafta tiek importēta no Krievijas.

Pētījumā, lai novērtētu vēja ātrumu tika pielietots vēja ātruma matemātiskais modelis (WSWS). Veiktajā pētījumā tika novērtēts Vācijas fosilā kurināmā samazināšanas potenciāls kā enerģijas avotu izmantojot vēja enerģiju un ūdeņradi, ņemot arī vērā meteoroloģiskos, tehniskos un ģeogrāfiskos aspektus un ierobežojumus.

Saskaņā ar Vācijas pētījuma rezultātiem tehniskais vēja - ūdeņraža potenciāls elektroenerģijas ražošanai bija 780 TWh gadā, potenciāli aizstājot 80,1% no fosilā kurināmā apjoma, kas šobrīd tiek izmantots transporta sektorā.

2.5.5.4. Protonu apmaiņas membrānas elektrolizators ūdeņraža ieguvei

Protonu apmaiņas membrānas elektrolizatora izmantošanas priekšrocības ūdeņraža ražošanas procesos saistītas ar augstu efektivitāti, spēju veikt vai turpināt darbību vēja enerģijas pārtraukumos, kā arī priekšrocības saistītas ar zemām siltumnīcas efekta gāzu emisijām.

Pētījumos novērtēts, ka zemākais sadegšanas siltums, kas saistīts ar ūdeņraža ražošanu ir 0,0333 MWh/kg, kas ir augstāks par benzīna sadegšanas siltumu - 0,0120 MWh/kg. Tāpat arī aprēķināts, ka 1 kg ūdeņraža var aizstāt ap 2,75 kg fosilās degvielas (benzīns vai dīzeļdegviela).

Pastāv virkne gadījumu, kad ūdeņradis nevar tikt saražots vietās, kur ir lielākais fosilās degvielas patēriņš, bet vēja enerģijas resursi ir ierobežoti.

Vācijas pētījumos novērtēts, ka, lai varētu tikt aizstāti 25% no šā brīža fosilā kurināmā apjomiem, tad būtu jāuzstāda papildus vēl 25026 jaunas vēja turbīnas (Jung et al., 2018).

2.5.6. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā

Hidroenerģijas iespējamais potenciāls ir tiešā mērā atkarīgs no plūsmas ātruma un augstuma starpības starp diviem ūdens līmeņiem. Līdzīgi kā ar vēja enerģiju arī hidroenerģijas resursi var tikt izmantoti ūdeņraža ražošanā, kas savukārt tālāk tiek izmantots kā degviela transportlīdzekļos.

2.5.6.1. Ūdeņraža ražošana izmantojot hidroenerģijas resursus

Ekvadora

Pētījumā, lai novērtētu, kādas ir iespējas ūdeņraža gāzei aizstāt fosilos resursus tika veikts salīdzinājums, balstoties uz informāciju par trīs degvielas veidu patēriņa rādītājiem un ūdeņraža ražošanu, kur kā elektroenerģijas avots tika izmantoti hidroenerģijas resursi.

Pētījumā kā izpētes vieta tika izvēlēta Ekvadoras viena no pilsētām - *Cuenca*, kas atrodas netālu no esošā hidroenerģijas kompleksa, kas pilsētā nodrošina lielāko daļu no elektroenerģijas. Pētījumā secināts, ka ūdeņraža ražošana no neizmantošanas hidroenerģijas vai no tās pārpalikumiem ir viena no neaizpildītām nišām, kas varētu Ekvadoru virzīt ūdeņradim labvēlīgas un veicinošas ekonomikas

virzienā. Ūdeņraža ieguve veicot elektrolīzi novērtēta kā viens no videi draudzīgākajiem risinājumiem ar vienu no mazākajām ietekmēm uz vidi, ja kā enerģijas avots tiek izmantota hidroenerģija. Tāpat arī šādam enerģijas ieguvei veidam novērtētas vienas no zemākajām izmaksām.

Pētījumā novērtēts, ka, lai saražotu pietiekami daudz elektrolītiskā ūdeņraža, lai pilsētā *Foz de Iguazu* nodrošinātu publiskā transporta darbību nepieciešams 1,5% līdz 8,5% no saražotās hidroenerģijas pārpalikuma (Posso et al., 2015).

Nepāla

Pētījumos prognozēts, ka līdz 2050.gadam ar elektrību darbināmu transportlīdzekļu īpatsvaram vajadzētu sasniegt 35% un hidroenerģijas jaudai būtu jāpalielinās līdz pat 495 MW līdz 2050.gadam, savukārt ikgadējais saražotās elektroenerģijas apjoms jāpalielina par 7,86 TWh. Viens no galvenajiem instrumentiem, kādā veidā transporta sektorā būtu iespējams palielināt un veicināt vietējo hidroenerģijas resursu ilgtspējīgu izmantošanu ir transporta elektrifikācijas politika līdz 2050.gadam palielinot ar hidroenerģiju saražotās elektroenerģijas jaudu līdz 495 MW (Shakya & Shrestha, 2011).

2.5.7. Ģeotermālās enerģijas izmantošanas iespējas transporta sektorā

Ģeotermālās enerģijas izmantošana lielā mērā atkarīga no ģeogrāfiskās atrašanās vietas, klimatiskajām un reģionālajām īpatnībām. Ģeotermālā enerģija pēc būtības ir siltumenerģija, bet transporta sektorā transportlīdzekļu darbināšanai nepieciešams izmantot elektroenerģiju. Līdz ar to attiecībā uz transporta sektoru ģeotermālā enerģija nav plaši izmantota, ko apliecina arī aplūkotā zinātniskā literatūra.

Islande

Novērtēts, ka Islandē ģeotermālās enerģijas faktiskais izmantošanas īpatsvars veido 27% no visas kopējās Islandē saražotās enerģijas apjoma.

Islandē veiktajā pētījumā tika novērtēta ģeotermisko resursu dinamikas saistība kontekstā ar Islandes ilgtspējīgas enerģijas sistēmas izveidi un attīstību. Pētījums ietver elektrisko transportlīdzekļu novērtēšanu kā Islandes dekarbonizācijas stratēģiju transporta sektorā.

Saskaņā ar veiktā pētījuma rezultātiem tika apzināts, ka veicot enerģijas sistēmas novērtējumu svarīga komponente ir ģeotermisko resursu dinamika. Lai veiktu vērtējumu, izstrādātu prognozes un izvērtētu ģeotermālo resursu izmantošanas ietekmi uz elektroenerģijas ražošanu tika izmantots enerģijas un transporta sistēmas modelis (UniSyD_IS), kas tika saistīts ar ģeotermisko resursu dinamikas modeli.

Novērtēts, ka ģeotermisko resursu dinamikas iekļaušana sniedz iespēju paplašināt Islandes transporta elektrifikāciju. Pētījumā tika novērtēts, ka transporta elektrifikācijai ir maza ietekme attiecībā uz radītajām emisijām, izmaksām un resursu pieejamību un pasākumi ieviest elektriskās automašīnas vērtējami kā ilgtspējīgi (Spittler et al., 2020).

2.5.8. Biomasas izmantošanas iespējas transporta sektorā

Atjaunojamo energoresursu direktīva (RED-1) Eiropas Savienības valstīm ir uzlikusi par pienākumu līdz 2020. gadam sasniegt atjaunojamās enerģijas īpatsvaru 20% nosakot, ka no kopējā gala enerģijas patēriņa 10% atjaunojamās enerģijas īpatsvars jāsasniedz transporta sektorā (Banja et al., 2019).

Somija

Somijā novērtēts, ka jau šobrīd visās transporta degvielās attiecīgu daļu veido biokomponenti un biokomponentu sajaukšanas robežvērtības nosaka pēc konkrētiem kvalitātes kritērijiem. Nozīmīgu ietekmi biodegvielas īpatsvara palielināšanā veido arī cilvēka faktors. Somijā veikts pētījums par to, kuru

degvielas veidu iedzīvotāji izvēlas vislabāk un par ko būtu gatavi maksāt visvairāk. Saskaņā ar pētījuma rezultātiem cilvēki prioritāri būtu gatavi maksāt tieši par biodegvielu salīdzinot ar fosilo degvielu (Moula et al., 2017).

2.5.8.1. Biodegvielas izmantošanas iespējas transporta sektorā

Apzināts, ka kopumā Eiropas Savienības valstīs transporta sektors veido aptuveni 30% no kopējā enerģijas gala patēriņa. Biodegvielas plašāka izmantošana novērtēta kā risinājums, lai transporta sektorā samazinātu oglekļa emisijas un sasniegtu Eiropas Savienības izvirzīto mērķi 10% no izmantotās fosilās degvielas daudzuma aizstāt ar biodegvielu. No biomasas iegūta biodegviela tiek vērtēta ka galvenais iespējamais risinājums, lai samazinātu jēlnaftas izmantošanu.

Griekija

Novērtēts, ka Grieķijā ir augsts enerģijas kultūru izmantošanas potenciāls. Šķidru biodegvielu iespējams iegūt izmantojot, piemēram, rapsi vai saulespuķes - biodīzeļdegvielas ieguvei, tāpat arī miežus, bietes, kukurūzu, saldo sorgo - bioetanolā ražošanai. Saskaņā ar pētījumos norādīto, nākamās paaudzes biodegvielai, kā izejvielas izmantojot lignocelulozi un atkritumu, nav tādu ierobežojumu kā pirmās paaudzes biodegvielai.

Biodegvielas ieguvei iespējams izmantot dažādu veidu biomass resursus - dažādus sektoru atlikumus, atkritumus, aļģes, lai iegūtu tādu degvielu, ko iespējams sadedzināt ar augstāku tīrības pakāpi un bez sajaukšanas ierobežojumiem, piemēram, iegūstot hidroapstrādātas augu eļļas (HVO).

2.5.8.2. Biodegvielas izmantošanas atbalsta veicināšana

Atbalsts biodegvielas izmantošanas īpatsvara paaugstināšanai tiek veicināts, piemēram, par katru saražoto tonnu naftas ekvivalenta biodegvielas izsniedzot biodegvielas sertifikātus, kas apliecina ievērotos ilgtspējības kritērijus (Tsita et al., 2020).

2.5.8.3. Ūdeņradis kā alternatīva biomasas resursu nepieciešamības samazināšanai

Novērtēts, ka šā brīža biodegvielas ražošanā visvairāk tiek izmantots pirmās paaudzes etanols ar kopējo jaudu 120 Mt gadā, kas veido 4% no kopēja degvielas pieprasījuma transporta sektorā. Pētījumā novērtēts, ka, izmantojot elektrolītisko ūdeņradi pēc pirolīzes un katalītiski ātrās pirolīzes procesa, iespējams samazināt biomasas nepieciešamību attiecīgi par 48,2% un 61,2% (Onarheim et al., 2020).

Lai pārveidotu biomasu biodegvielā pastāv vairāki bioloģiski, termokīmiski un ķīmiski pārveides procesi, kuru rezultāta var tikt iegūts bioetanols, bioūdeņradis un biodīzeļdegviela.

2.5.8.4. Biogāzes un biometāna izmantošanas iespējas transporta sektorā

Zviedrija

Zviedrijā atjaunojamās enerģijas atbalsta veicināšanai transporta nozarē ievērojami ieguldījumi ir devuši izmantotie politikas instrumenti. Zviedrijas valdība līdz 2030. gadam izvirzījusi mērķi padarīt transporta sektoru neatkarīgu no fosilā kurināmā resursiem.

Zviedrija izvirzīto mērķu sasniegšanai noteikusi piecas atšķirīgas resursu kategorijas, kurās ietilpstošās izejvielas var tikt efektīvi izmantotas kā komponentes tālākas biogāzes ieguvei, ņemot vērā visus sektorus, kuros radītie atkritumi vai neizmantojie blakus produkti varētu tikt izmantoti kā izejvielas. Tādā veidā nodrošinot pārdomātu un ilgtspējīgu atkritumu, atliekvielu, blakusproduktu izmantošanu. Piecas resursu kategorijas var tikt iedalītas kā - pārtikas atkritumi, notekūdeņu dūņas, rūpniecības procesos radītie atliekumi, lauksaimniecības atliekumi vai atkritumi, kā arī enerģijas kultūras. Politikas atbalsts ir būtisks faktors biogāzes veicināšanai, lai samazinātu fosilā kurināmā patēriņu. Lai sasniegtu izvirzītos mērķus, ir jāstiprina un jāveicina noteiktā atkritumu apsaimniekošanas politika, lai no iepriekš

minētajiem atlikumiem iegūto biogāzi varētu izmanto kā enerģijas avotu transportlīdzekļos (Lönnqvist et al., 2015).

Zviedrijā biogāzes atbalsta veicināšanai būtiski ir ne tikai politiskie valdības noteiktie instrumenti, bet arī tādi ekonomiskie instrumenti kā samazināts degvielas nodoklis biodegvielai, kas tiek izmantota transportlīdzekļos vai atbrīvojums no nodokļiem (Lönnqvist et al., 2019).

2.5.8.5. Biometāna izmantošanas iespējas transporta sektorā

Zviedrija novērtēta kā šā brīža galvenais biometāna faktiskais lietotājs. Transporta sektorā pastāv gāzveida kurināmā veidi, kas var tikt izmantoti kā degviela transportlīdzekļos - biometāns un elektrometāns. Saskaņā ar aplūkotajiem pētījumiem biometāna izmantošana transporta sektorā sniedz būtisku izmaksu ietaupījumus. Izmantojot elektrometānu iegūtais ietaupījums ir mazāks, jo lielai daļai šķidrās elektrodegvielas ir zemākas izmaksas.

Biometāna vienas no priekšrocībām saistītas ar to, ka biometānu iespējams izmantot arī komerciālajos transportlīdzekļos, autobusos, kā arī atsevišķās lielas jaudas kravas automašīnās (Korberg et al., 2020).

2.5.8.6. Metāna satura paaugstināšanas iespējas biometānā

Gāze ar metāna saturu 97% (biometāns) ir vienīgā biodegviela, kurai piemīt labākas īpašības nekā fosilam kurināmajam un kas var samazināt atkarību no fosiliem enerģijas avotiem. No gāzes atdalot CO₂ un citus piemaisījumus, iegūtais biometāns ir ar līdzīgām ķīmiskajām īpašībām, kādas raksturīgas fosilajai gāzei un tādejādi iegūtais biometāns var tikt tieši pārvadīts centralizētajos gāzes tīklos (Oyyum et al., 2020).

Kultūraugu atlikumi tiek uzskatīti par lielāko lignocelulozes biomasas avotu. Izmantojot lignocelulozes biomasu kopā ar slāpekļa bagātām izejvielām var radīt nepieciešami optimālo oglekļa un slāpekļa attiecību un palielināt saražotās biogāzes iznākumu. Neskatoties uz to, ka lignocelulozes biomasai ir augsts metāna potenciāls bieži vien netiek nodrošināta augstas kvalitātes biogāzes ieguve (Abraham et al., 2020).

Ar dažādām tehnoloģijām iespējams uzlabot biogāzes kvalitātes rādītājus, lai iegūtu biodegvielu, kas sastāv no 95–99% metāna un 1–3% CO₂. Biometāns var aizstāt fosilo degvielu, piemēram, transportā, elektrības ražošanā un ķīmiskajā rūpniecībā (Worawimut et al., 2019).

Lai arī lignocelulozes noārdīšanās veicināšanai un augstākam metāna iznākumam iespējams pielietot dažādas metodes par vienu no efektīvākajām tiek uzskatītas biomasas pirmapstrādes metodes (Abraham et al., 2020).

2.5.8.7. Lignocelulozes biomasas pirmapstrāde metāna satura palielināšanai biogāzē

Izejvielu iepriekšējas apstrādes posma iekļaušana var palielināt lignocelulozes biomasas efektivitāti tālākai pārstrādei biogāzē. Hemicelulozes un lignīna atdalīšana no celulozes ir vēl viens veids kā iespējams uzlabot iegūtās biogāzes kvalitāti. Pirmapstrādes efektivitāte ir atšķirīga atkarībā no izmantotās biomasas un izvēlētās apstrādes metodes. Biomasas pirmapstrādes metodes parasti tiek iedalītas fizikālās, ķīmiskās, fizikāli ķīmiskās un bioloģiskās metodēs.

Izmantojot fizikālās pirmapstrādes metodes iespējams palielināt biomasas virsmas laukumu, samazinot daļiņu izmēru, un veicināt biomasas efektīvāku sadalīšanos tālāka biogāzes ieguves procesā (Abraham et al., 2020).

Mehāniskās pirmapstrādes metodes

Plaši tiek izmantota lignocelulozes biomasas smalcināšana un smalcināšanas tehnikas atkarīgas no mitruma satura biomasā, bet metodes efektivitāte atkarīga no izmantotajām izejvielām. Mehāniskā

pirmapstrāde novērtēta kā efektīva attiecībā uz biomasas daļiņu lieluma samazināšanu. Pētījumā, izmantojot mehānisko rīsu salmu pirmapstrādi ar smalcināšanas metodi, saražotā metāna iznākums palielinājās no aptuveni 3% līdz 10%. Citā pētījumā tika novērtēta pļavas zāles mehāniskās pirmapstrādes efektivitāte un rezultāti parādīja, ka saražotā metāna pieaugums bija 25% salīdzinot ar neapstrādātajiem paraugiem. Citā pētījumā tika veikta sešu dažādu lignocelulozes biomasas veidu mehāniskā pirmapstrāde un saskaņā ar rezultātiem saražotā metāna pieaugums attiecībā uz katru izmantotās biomasas veidu pieauga par 22%.

Pirmapstrādes metodes izmantojot apstarošanu

Izmantojot mikroviļņu apstarošanas pirmapstrādes metodi biomasa tiek karsēta. Apstarošanas procesā ar mikroviļņiem polāro savienojumu dipolās orientācijas noviržu dēļ palielinās lignocelulozes biomasas šķīdība. Pētījumā tika novērtēts saražotā metāna iznākums pirms tam veicot kviešu salmu un klūdziņprosas pirmapstrādi izmantojot mikroviļņu metodi ar temperatūru 150 °C. Rezultāti parādīja, ka saražotā metāna saturs kviešu salmiem palielinājās par 30%, bet attiecībā uz iepriekš apstrādāto klūdziņprosu metāna pieaugums netika novērots, kas savukārt, pierāda metodes selektivitāti atkarībā no izmantoto izejvielu veida.

Ķīmiskās pirmapstrādes metodes

Ķīmiskās pirmapstrādes metodes galvenokārt tiek klasificētas kā apstrāde izmantojot sārmus, izmantojot skābes, izmantojot organisko šķīdinātājus. Galvenās skābes, kas tiek izmantotas biomasas pirmapstrādē ir sērskābe, sālsskābe, skudrskābe un slāpekļskābe. Pētījumā novērtēts, ka veicot kviešu salmu pirmsapstrādi augstā temperatūrā ar sērskābi iespējams saražotā metāna iznākumu palielināt par 16%.

Salīdzinājumā ar citām pirmapstrādes metodēm kā efektīvākā novērtēta ķīmiskās apstrādes metode izmantojot sārmu. Lignocelulozes biomasas pirmapstrādei ar sārmu galvenokārt tiek izmantots nātrija hidroksīds un amonjaks. Apstrādes laikā ar sārmu notiek lignīna-ogļhidrātu šķelšana, kas palielina apstrādātās biomasas virsmas laukumu un porainību. Pētījumā tika novērtēta saražotās biogāzes kvalitāte pirms anaerobās sadalīšanas kviešu salmus apstrādājot ar NaOH. Rezultāti parādīja, ka par 88% pieauga saražotais biogāzes iznākums, bet par 112% pieauga metāna iznākums.

Papildus, saražotā metāna iznākums tika palielināts par 38%, ja zāles skābbarības pirmapstrādē tika izmantots 5% NaOH. Citā pētījumā novērtēta Ca(OH)₂ izmantošanas efektivitāte izspiestas biomasas pirmapstrādē. Rezultāti parādīja, ka metāna iznākums palielinājās par 37%, ja tika izmantots 7,5% Ca(OH)₂ (Abraham et al., 2020).

Izmantojot ķīmisko metodi ar oksidāciju iespējams lignocelulozes biomasā noārdīt lignīnu un hemicelulozi. Oksidācijas mehānismi novērtēti kā mazāk selektīvi attiecībā uz biomasas veidu. Lauksaimniecības atlikumu pirmapstrādē tika izmantots fentons, ozons kombinācijā ar H₂O₂ un Fe(II). Rezultāti parādīja, ka maksimālais saražotā metāna pieaugums bija 30%. Citā pētījumā tika novērtēta rīsu salmu pirmapstrādes efektivitāte izmantojot H₂O₂ un rezultāti parādīja 88% pieaugumu saražotā metāna saturā.

Organiskie šķīdinātāji biomasas apstrādē tiek izmantoti, lai atdalītu celulozi ar augstu tīrības pakāpi no pārējās lignocelulozes biomasas. Lai gan lignocelulozes pirmapstrādē iespējams izmantot vairāku veidu organiskos šķīdinātājus, visplašāk tiek izmantots N metilmorfolīna-N-oksīda monohidrāts (NMMO). Kviešu salmi, kas pirms biogāzes ražošanas tika apstrādāti ar NMMO parādīja 47% metāna satura pieaugumu salīdzinot ar kontroles apstākļiem. Novērtēts, ka iepriekš ar 1-N-butyl-3-methylimidazolium hlorīdu apstrādājot ūdens hiacinti iespējams sasniegt 98% saražotā metāna pieaugumu.

Fizikāli ķīmiskās pirmapstrādes metodes

Fizikāli ķīmisko pirmapstrādi raksturo kombinēta pieeja hemicelulozes vai lignīna polimēru noārdīšanā pirms tālākas biogāzes ieguves. Fizikāli ķīmiskās pirmapstrādes laikā ūdeņraža saites starp kompleksajiem polimēriem tiek sadalītas izmantojot karstumu, palielinot pieejamo virsmu efektīvai enzīmu vai baktēriju iedarbībai uz biomasu.

Pirmapstrāde ar tvaika eksploziju. Lignocelulozes biomasas struktūru iespējams izmainīt izmantojot tvaika eksploziju - paaugstināta spiediena apstākļos (5–50 bāri) esot tvaikam temperatūras intervālā 160–250 °C temperatūrā. Pētījumā par siena pirmapstrādes efektivitāti novērtēts, ka izmantojot tvaika eksploziju saražotā metāna saturs palielinājās par 16%. Citā pētījumā tika novērtēta niedru biomasas iepriekšējās apstrādes ar tvaiku efektivitāte. Rezultāti parādīja, ka veicot apstrādi ar tvaiku 200 °C temperatūrā 15 minūtes, saražotā metāna pieaugums salīdzinot ar neapstrādāto biomasu bija 89%.

Vel viena no fizikāli ķīmiskajām apstrādes metodēm ir biomasas iepriekšēja apstrāde izmantojot ekstrūziju. Iepriekšējās apstrādes laikā ar ekstrūzijas metodi lignocelulozes biomasu tiek pakļauta virknei dažādu apstrādes veidu, piemēram, karsēšana, sajaukšana, spiediena izmaiņām. Spiediena kritums izraisa intracelulārā ūdens izdalīšanos no izejvielām un strukturālu noārdīšanos, kas var uzlabot tālāko biomasas anaerobās sadalīšanās procesu. Galvenie ekstrūziju ietekmējošie parametri ir reakcijas laiks, spiediens un biomasas mitruma saturs. Novērtēts, ka kviešu salmu un pakaišu apstrāde izmantojot ekstrūziju palielināja saražotā metāna iznākumu par 1 līdz 16% 90 dienas pēc anaerobās sadalīšanās procesa. Citā pētījumā novērtēts, ka saražotā metāna iznākums palielinājās par aptuveni 35% pirms tam veicot kukurūras skābbarības apstrādi ar ekstrūziju.

Kā vel viena pirmapstrādes metode lignocelulozes biomasai iepriekšējai apstrādei tiek izmantota hidrotermiskās apstrādes metode. Hidrotermiskā procesa laikā ūdens tiek uzkaršēts līdz 200 °C un tiek izmantots biomasas apstrādei augsta spiediena apstākļos. Novērtēts, ka iepriekš veicot *Napier* zāles apstrādi ar hidrotermisko metodi 175 °C temperatūrā 15 minūšu inkubācijā, saražotā metāna iznākums palielinājās par 35% salīdzinot ar neapstrādātajiem paraugiem. Citā pētījumā tika novērots, ka hidrotermiskās priekšapstrādes optimālā temperatūra biogāzes ražošanai no kviešu salmiem ir 180 °C, kā rezultātā metāna iznākums palielinājās par 53% nekā neapstrādātiem paraugiem.

Bioloģiskās pirmapstrādes metodes

Bioloģiskās pirmapstrādes laikā lignīna frakcija biomasā tiek atdalīta izmantojot baktēriju enzīmus, kas veicina tās sadalīšanos. Bioloģiskās pirmapstrādes priekšrocība ir vieglāka procesa apstākļu piemērošana salīdzinot ar ķīmiskajām metodēm, tomēr izmantojot bioloģiskās metodes nepieciešams ilgāks pirmapstrādes laiks.

Salīdzinot ar ķīmiskajām vai fizikāli ķīmiskajām metodēm bioloģiskās pirmapstrādes metodes uzskatāmas par videi draudzīgām, kā arī procesiem nepieciešams mazāks enerģijas patēriņš. Bioloģiskās apstrādes metodēs tiek izmantotas sēnītes vai baktērijas. Novērtēts, ka vairākām baktēriju kultūrām ir augsts lignocelulozes biomasas noārdīšanās potenciāls, kā arī apstrādes ar baktērijām viena no priekšrocībām ir straujāks augšanas ātrums salīdzinājumā ar sēnēm. Pētījumā novērtēts, ka apstrādē izmantojot baktēriju kultūru *Bacillus sp.* rīsu salmi ievērojami samazināja lignīna saturu un tas izraisīja saražotā metāna iznākuma palielināšanos par 76%. Novērtēts, ka biogāzes kvalitāti iespējams uzlabot pirms tam veicot kviešu salmu apstrādi vienlaikus izmantojot vairākas baktēriju grupas, rezultātā iegūstot metāna satura pieaugumu par 41% (Abraham et al., 2020).

Lignocelulozes biomasas apstrādē iespējams izmantot vairāku veidu sēnes, viena no plašāk izmantotajām ir baltās puves sēne tās augstā potenciāla noārdīt lignīnu un daļu no hemicelulozes dēļ, tomēr pētījumos aizvien vairāk tiek apskatīta arī citu sēņu izmantošanas efektivitāte. Vienā no pētījumiem novērtēts, ka izmantojot apstrādē sēni *richoderma reesei* iespējams panākt 23,6% lignīna noārdīšanos un saražotā metāna satura pieaugumu ~78,3%.

Vel viena bioloģiskās apstrādes metode, kas novērtēta kā efektīva ir apstrāde izmantojot enzīmus, metodes priekšrocība saistās ar īso reakcijas laiku, bet trūkumi saistās ar augstām izmaksām. Lignīnu

noārdošie fermenti var hidrolizēt lignīna monomērus ļaujot citiem lignocelulozes biomasas komponentiem kļūt pieejamākiem un vieglāk sadalīties. Novērtēts, ka kukurūzas atlikumu apstrāde ar Laccase un peroksidāzi veicināja saražotā metāna iznākumu par 25% un 17% salīdzinot ar neapstrādātajiem paraugiem.

Ņemot vērā apskatītās metodes secināms, ka ar dažādām pirmapstrādes metodēm iespējams izmainīt biomasas struktūru, atdalīt lignīnu un hemicelulozi, palielināt biomasas virsmas tādā veidā veicinot efektīvāku anaerobo sadalīšanos tālākai biogāzes ieguvei un katra metode piemērojama un tā efektivitāte atkarīga no izmantotajām izejvielām (Abraham et al., 2020).

legūtās biogāzes pēcapstrāde ar mērķi iegūt biometānam atbilstošu metāna saturu

Ja pirms biogāzes ieguves procesa nav iespējams veikt izmantojamo izejvielu pirmapstrādi, lai veicinātu metāna saturu pieaugumu ar mērķi saražot augsta potenciāla biometānu, tad iespējams pielietot biogāzes pēcapstrādes metodes. Iegūtās biogāzes pēcapstrādes uzlabošanas metodes var tikt iedalītas 1) fizikālās metodēs izmantojot augstspiediena mazgāšanu, kriogēno atdalīšanu, spiediena svārstību absorbciju un 2) ķīmiskajās metodēs, piemēram, izmantojot ķīmisko absorbciju. Ar mērķi uzlabot biogāzes kvalitāti pētījumā tika projektēta divpakāpju oglekļa membrānas sistēma, lai palielinātu CO₂/CH₄ selektivitāti un iegūtā metāna tīrību, kā arī samazinātu metāna zudumus. Rezultāti parādīja, ka izstrādātā oglekļa membrāna varētu radīt augstāku CO₂/CH₄ selektivitāti un metāna tīrību ap 98%, kā arī zemākus metāna zudumus - 2%, līdz ar to sasniedzot biometāna kvalitātes prasības. Būtiskākie kritēriji, kas nosaka iegūtās biogāzes kvalitāti un biometāna potenciālu ir metāna saturs un atgūtais metāna daudzums, jo tie visvairāk ietekmē biogāzes efektivitātes rādītājus. Pētījumos novērtēts, ka izmantojot *ķīmiskās absorbcijas metodi* iespējams sasniegt augstu biometāna tīrības potenciālu, augstu gāzu atdalīšanas selektivitāti un augstu metāna atguvi, bet metodes trūkumi saistās ar augstu enerģijas patēriņu un ķīmisko vielu izmantošanu. Metāna saturs iegūtajā biogāzē parāda metāna tīrības pakāpi (Worawimut et al., 2019).

Pētījumā, izmantojot modelēšanu, tika novērtētas biogāzes (kā izejvielas izmantojot cūku mēslus) kvalitātes uzlabošanas iespējas izmantojot konvencionālo absorbciju modificēto absorbciju kā absorbentus izmantojot ūdeni un dietanolamīna (turpmāk - DEA) šķīdumu. Tika vērtēta dažādu spiediena līmeņu ietekme uz metāna saturu biometānā izmantojot konvencionālo absorbciju un modificēto absorbciju ar 30 wt% DEA un ūdeni kā absorbentu. Rezultāti parādīja, ka izmantojot konvencionālo un modificēto absorbciju metāna saturs biometānā palielinājās līdz ar spiediena palielināšanos. DEA šķīdumā tika absorbēts lielāks CO₂ daudzums un līdz ar to biometānā palielinājās metāna saturs. Pētījumā novērtēts, ka izmantojot konvencionālo absorbciju nebija iespējams sasniegt metāna saturu 95% vai vairāk un līdz ar to tika secināts, ka tā nav piemērojama biometāna ieguvei. Pētījumā tika novērtēts, ka izmantojot modificēto absorbciju iespējams sasniegt metāna saturu, kas atbilst 95% vai vairāk, kā arī CO₂ saturs tika bija mazāk par 3%.

Veicot literatūras analīzi tika secināts, ka gan biogāzes izejvielu pirmapstrādes metožu izmantošana, gan arī iegūtās biogāzes pēcapstrādes metodes var būt risinājumi, lai palielinātu saražotā metāna saturu un sasniegtu kvalitātes rādītājus, kas atbilst biometāna ieguves potenciālam, tomēr metožu efektivitāte lielā mērā atkarīga no izmantotajām izejvielām un izmaksām (Worawimut et al., 2019).

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Abraham, A.; Mathew, A.K.; Park, H.; Choi, O.; Sindhu, R.; Parameswaran, B.; Pandey, A.; Park, J.H.; Sang, B.I. Pretreatment strategies for enhanced biogas production from lignocellulosic biomass. *Bioresource Technology*. 2020, 301, 122725. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122725>.
- Ajanovic, A.; Haas, R. Prospects and impediments for hydrogen and fuel cell vehicles in the transport sector. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.03.122>.
- Ajanovic, A.; Haas, R. Economic prospects and policy framework for hydrogen as fuel in the transport sector. *Energy Policy*. 2018, 123, 280-288. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.08.063>.
- Anguita, N.Z.; García-Gusano, D.; Iribarren, D. A review of techno-economic data for road transportation fuels. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019, 112, 11-26. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.041>.
- Asl, S.G.; Gilandeh, Y.A. Evaluation of the direct use of geothermal energy on heat factors required for cold-water fish pisciculture. *Aquaculture*. 2019, 512, 734291. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734291>.
- Banja, M.; Sikkema, R.; Jégard, M.; Motola, V. Biomass for energy in the EU – The support framework. *Energy Policy*. 2019, 131, 215-228. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.04.038>.
- Bellocchi, S.; Manno, M.; Noussan, M.; Prina, G.P. Electrification of transport and residential heating sectors in support of renewable penetration: Scenarios for the Italian energy system. *Energy*. 2020, 196, 117062. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117062>.
- Jung, C.; Nagel, L.; Schindler, D.; Grau, L. Fossil fuel reduction potential in Germany's transport sector by wind-to-hydrogen. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2018, 43, 23161-23167. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.10.181>.
- Lönqvist, T.; Anderberg, S.; Ammenberg, J.; Sandberg, T.; Grönkvist, S. Stimulating biogas in the transport sector in a Swedish region – An actor and policy analysis with supply side focus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2019, 11, 109269. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109269>.
- Korberg, A.D.; Skov, I.R.; Mathiesen, B.V. The role of biogas and biogas-derived fuels in a 100% renewable energy system in Denmark. *Energy*. 2020, 199, 117426. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117426>.
- Lonnqvist, T.; Sanches –Pereira, A.; Sandberg, T. Biogas potential for sustainable transport e a Swedish regional case. *Journal of Cleaner Production*. 2015, 108, 1105-1114. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.036>.
- Moula, Md.M.; Nya'ri, J.; Bartel, A. Public acceptance of biofuels in the transport sector in Finland. *International Journal of Sustainable Built Environment*. 2017, 6, 434-441. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.07.008>.
- Onarheim, K.; Hannula, I.; Solantausta, Y. Hydrogen enhanced biofuels for transport via fast pyrolysis of biomass: A conceptual assessment. *Energy*. 2020, 199, 117337. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.117337>.
- Qyyum, M.A.; Haider, J.; Qadeer, K.; Valentina, V.; Khan, A.; Yasin, M.; Aslam, M.; De Guido, G.; Pellegrini, L.A.; Lee, M. Biogas to liquefied biomethane: Assessment of 3P's–Production, processing, and prospects. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2020, 119, 109561. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109561>.
- Posso, F.; Espinoza J.L.; Sanchez, J.; Zalamea, J. Hydrogen from hydropower in Ecuador: Use and impacts in the transport sector. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2015, 40, 15432-15447. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.08.109>.

- Settou, B.; Settou, N.; Gouareh, A.; Negrou, B.; Mokhtara, C.; Messaoudi, D. GIS-Based Method for Future Prospect of Energy Supply in Algerian Road Transport Sector Using Solar Roads Technology. *Energy Procedia*. 162, 221-230. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.04.024>.
- Shafiei, E.; Davidsdottir, B.; Leaver, J.; Stefansson, H.; Asgeirsson, E.I. Comparative analysis of hydrogen, biofuels and electricity transitional pathways to sustainable transport in a renewable-based energy system. *Energy*. 2015, 83, 614-627. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.02.071>.
- Shakya, S.R.; Shrestha, R.M. Transport sector electrification in a hydropower resource rich developing country: Energy security, environmental and climate change co-benefits. *Energy for Sustainable Development*. 2011, 15, 147-159. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2011.04.003>.
- Siyal, S.H.; Mentis, D.; Mortberg, U.; Samo, S.R.; Howells, M. A preliminary assessment of wind generated hydrogen production potential to reduce the gasoline fuel used in road transport sector of Sweden. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2015, 40, 6501-6511. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2015.03.108>.
- Spittler, N.; Davidsdottir, B.; Shafiei, E.; Leaver, J.; Asgeirsson, E.I.; Stefansson, H. The role of geothermal resources in sustainable power system planning in Iceland. *Renewable Energy*. 2020, 153, 1081-1090. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.046>.
- Sydney, B. E.; Letti, L.A.J.; Karp, S.G.; Sydney A.C.N.; de Souza Vandenberghe, L.P.; de Carvalho J.C et al. Current analysis and future perspective of reduction in worldwide greenhouse gases emissions by using first and second generation bioethanol in the transportation sector. *Bioresource Technology Reports*. 2019, 7, 100234. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100234>.
- Tsita, K.G.; Kiartzis, S.P.; Ntavos, N.K.; Pilavachi, P.A. Next generation biofuels derived from thermal and chemical conversion of the Greek transport sector. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2020, 17, 100387. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2019.100387>.
- Tsita, K.G.; Pilavachi, P.A. Decarbonizing the Greek road transport sector using alternative technologies and fuels. *Thermal Science and Engineering Progress*. 2017, 1, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2017.02.003>.
- Vanegas Cantarero, M.M. Decarbonizing the transport sector: The promethean responsibility of Nicaragua. *Journal of Environmental Management*. 2019, 245, 311-321. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.109>.
- Wang, X.; Bai, M.; Xie, C. Investigating CO2 mitigation potentials and the impact of oil price distortion in China's transport sector. *Energy Policy*. 2019, 130, 320-327.
- Worawimut, C.; Vivanpatarakij, S.; Watanapa, A.; Wiyaratn, W.; Assabumrungrat, S. Performance evaluation of biogas upgrading systems from swine farm to biomethane production for renewable hydrogen source. *International journal of hydrogen energy*. 2019, 44, 23135-23148.

2.6. Sektoru atjaunojamo enerģijas avotu lietojuma salīdzinājums

2.6.1. Kopīgais, tehnoloģiju attīstības ātrums, priekšrocības un trūkumi atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanā

Tabula 2.30

Kopīgais AER ieguves un ražošanas tehnoloģiju attīstībā							Apkopots svarīgākais kopīgais AER ieguves un ražošanas tehnoloģiju attīstībā visos sektoros
Sektors							
Nr.	Energoresurs	Rūpniecības sektors (raksturojums)	Pakalpojumu sektors (raksturojums)	Lauksaimniecības sektors (raksturojums)	Mājsaimniecības sektors (raksturojums)	Transporta sektors (raksturojums)	
	Saules enerģija	Izmanto gan kolektoros gan saules paneļus vienlaikus nodrošinot elektroenerģiju un siltumenerģiju. Saules enerģijas tehnoloģijas izmanto ar mērķi samazināt enerģijas patēriņu, cenu, samazināt vides piesārņojumu, uzlabot tirgus konkurētspēju.	Izmanto gan kolektoros gan saules paneļus. Saules enerģijas PV paneļi - elektroenerģijas ražošanai, saules kolektori karstā ūdens ražošanai un siltumsūkņi. Saules enerģijas paneļu izmantošana apvienojumā ar viedo grafiku, slodzes	Izmanto gan kolektoros gan saules paneļus vienlaikus nodrošinot elektroenerģiju un siltumenerģiju. Aizvien vairāk tiek izmantotas viedās lauksaimniecības metodes, kurās kā enerģijas avots tiek izmantotas saules enerģijas sistēmas.	Izmanto gan saules kolektoru, gan paneļus. Aizvien vairāk tiek izmantotas viedās sistēmas un viedie skaitītāji, nākotnē paredzams izmantošanas īpatsvara pieaugums. Tāpat pēdējos gados aizvien vairāk mājsaimniecībās tiek izmantots viedais apgaismojums, viedās	Aizvien vairāk pētījumu saistās ar saules ceļu tehnoloģiju izmantošanu ar saules enerģijas PV paneļiem iegūstot nepieciešamo elektroenerģiju uzlādei. Konceptijas pamatā ir ideja aizstāt visus asfalta ceļus ar saules PV paneļiem, kas spēj savākt un uzglabāt saules enerģiju un to	Izmanto gan kolektoros gan saules paneļus. Saules enerģijas PV paneļi - elektroenerģijas ražošanai, saules kolektori karstā ūdens ieguvei. Saules enerģijas tehnoloģijām visos apskatītajos sektoros ir plašas izmantošanas iespējas un potenciāls vēl plašākai izmantošanai nākotnē.

			<p>samazināšanu, lai samazinātu enerģijas patēriņu no tīkla, radītās oglekļa emisijas, maksimālo slodzi iestādes elektrības rēķinu.</p>	<p>kontaktdakšas, viedās veļasmašīnas un nereti kā siltumenerģijas avotu iespējams izmantot saules enerģijas sistēmas.</p> <p>Novērtēts, ka viedo tīklu ieviešana mājsaimniecības sektorā veicinātu ilgtspējīgu AER integrēšanu un mikro tīklu koncepta īstenošanu.</p> <p>Saules kolektorus var integrēt dažādās ēku konstrukcijās.</p> <p>Enerģijas uzkrāšanas funkcija. Saules kolektorus iespējams izmantot kopā ar akmeņu gultnes sistēmām ar mērķi uzkrāt enerģiju.</p> <p>Pētījumos novērtēti vairāki kritēriji, kas ir svarīgi nulles enerģijas</p>	<p>pārveidojot elektroenerģijā. Saules ceļu tehnoloģijas tiek izmantotas, lai nodrošinātu elektroenerģiju elektro automašīnu uzlādes stacijās un risinātu uzlādes staciju pieejamības problemātiku. Uzlādes stacijās pieejamais ūdeņradis tiek iegūts caur elektrolīzes procesu. Elektrolizators izmantojot saules enerģiju vada elektrolīzes procesu, kuru rezultātā tiek iegūts ūdeņradis, ko tālāk kā enerģijas avotu iespējams izmantot transportlīdzekļos.</p>	<p>Saules enerģijas sistēmas tiek izmantotas piemēram, ūdens sūkņēšanas nodrošināšanai, akumulatoru uzlādei, dažādās rūpniecības nozarēs – saldēšanai, dzesēšanai, siltumenerģijas un elektroenerģijas ieguvei, peldbaseinu apkures sistēmās, ūdeņraža ražošanas procesam. PV paneļu un saules kolektoru izmantošana ļauj ievērojami samazināt gan elektroenerģijas, gan siltumenerģijas patēriņu.</p> <p>Saules enerģijas iztrūkumu gadījumos kā risinājums ir kombinētās sistēmas papildus izmantojot citus atjaunojamos enerģijas avotus, kā arī siltumu iespējams novadīt uz siltumsūkņiem vai īslaicīgi</p>
--	--	--	---	---	---	--

				<p>ēkām, kurās kā enerģijas avots tiek izmantotas saules enerģijas sistēmas.</p> <p>Vieni no būtiskākajiem rādītājiem novērtēti: funkcionālais novietojums, mikroklimata menedžments, saules PV sistēmas, apkures, ventilācijas un dzesēšanas sistēmas, rūpnieciskās ražošanas sistēmas un ieguldīto investīciju atmaksāšanās laiks. Šādās ēkās plaši tiek integrētas gan pasīvās, gan aktīvās tehnoloģijās. Nulles enerģijas ēkās nereti tiek integrēti PV paneļi elektroenerģijas ražošanai, kolektori – siltumenerģijas ieguvei, siltumsūkņi.</p>	<p>iespējams uzkrāt akumulācijas tvertnēs.</p> <p>Saules enerģijas sistēmas aizvien biežāk tiek izmantotas kopā ar viedajām tehnoloģijām, viedo grafiku, kas samazina slodzi, kopējo enerģijas patēriņu, samazina elektrības rēķinus.</p> <p>Ar saules enerģijas tehnoloģijām iespējams nodrošinot dažādas procesiem nepieciešamās temperatūras - sasniegt vidējas un augstas temperatūras, kas piemērotas elektroenerģijas ražošanai, rūpnieciskam lietojumam, kā arī karstā ūdens iegūšanai vai dzesēšanai, kā arī, piemēram, izmantošanai atsāļošanai.</p> <p>Saules enerģijas tehnoloģijām novērtēts</p>
--	--	--	--	--	--

							<p>augsts izmantošanas potenciāls gan šobrīd, gan nākotnē un tās izmanto ar mērķi samazināt enerģijas patēriņu, cenu, samazināt vides piesārņojumu, jo atmosfērā neizdalās piesārņojošās vielas, kā risinājums siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanai, veicina tirgus konkurētspējas uzlabošanas.</p> <p>Līdz ar tehnoloģiju ražošanas intensitātes paaugstināšanos saules enerģijas tehnoloģijām kļūst aizvien zemākas cenas un īsāks ieguldīto investīciju atmaksas periods.</p>
	Vēja enerģija	Mazāk informācijas par vēja izmantošanu. Iespējams izmantot specifiskiem procesiem. Vēja enerģijas pārtraukumu gadījumos jāizmanto kombinētas	Mazāk informācijas par vēja izmantošanu. Publikācijās atrodama informācija gan par vēja enerģijas pozitīvo,	Izmanto vēja enerģiju elektroenerģijas ieguvei lauksaimniecības procesiem.	Raksturīga pieaugoša interese par iespējām elektroenerģijas ieguvei uzstādīt uz māju jumtiem individuālās mazas jaudas	Vēja enerģija transporta sektorā tiek pielietota kā enerģijas avots atjaunojamā ūdeņraža ražošanā, kas savukārt tiek	Apskatītajos sektoros vairāk vai mazāk, bet visos tiek izmantotas vēja turbīnas elektroenerģijas ieguvei. Lai izmantotu vēja enerģiju un nodrošinātu

		<p>sistēmas papildus izmantojot citas atjaunojamās enerģijas avotus un enerģijas uzkrāšanas sistēmas.</p>	<p>gan negatīvo ietekmi tūrisma attīstībā.</p>	<p>mikroģenerācijas vēja turbīnas. Pēdējos gados uzstādīts būtisks skaits mājsaimniecību tipa vēja turbīnu, lai ārpus pilsētām esošajās mājsaimniecībās nodrošinātu elektroenerģiju, kur to nav iespējams nodrošināt citā veidā.</p> <p>Tiek izmantotas saules un vēja hibrīdsistēmas.</p>	<p>izmantots transportlīdzekļos aizstājot fosilo degvielu. Ūdeņraža ražošana izmantojot elektrolīzes procesu ir izturīga pret vēja enerģijas pārtraukumiem. Pētījumos aprēķināts, ja ūdeņraža gāze tiek saražota kā enerģijas avotu izmantojot kādu no atjaunojamās enerģijas avotiem, kas spēj nodrošināt elektroenerģijas ieguvu, tad kā degvielu izmantojot dabasgāzes un ūdeņraža maisījumu kopējās transportlīdzekļu radītās CO₂, THC un No_x emisijas var tikt samazinātas attiecīgi par 10%, 30%, 18%.</p>	<p>sistēmas efektivitāti, nepārtrauktu elektroenerģijas ieguvu arī vēja pārtraukumu gadījumos jāizmanto kombinētās sistēmas papildus izmantojot, piemēram, saules enerģiju vai biomasu, vai veidojot enerģijas uzkrāšanas sistēmas. Kā vēl viens risinājums ir viedās tehnoloģijas, kas uztver, kad ir pietiekama vēja enerģija un tad arī nodrošina tās tālāku pārvadi, mazāki zudumi. Rūpniecības un mājsaimniecības sektoros aizvien vairāk uz māju un rūpnīcu jumtiem parādās individuālās vēja turbīnas.</p>
--	--	---	--	--	--	---

	Hidro-enerģija	Tiek izmantota enerģija no liela mēroga hidroelektrostacijām elektroenerģijas nodrošināšanai.	Tiek izmantota enerģija pārsvarā no lielajām hidroelektrostacijām elektroenerģijas ieguvei.	Tiek izmantota kā elektroenerģijas avots apūdeņošanas sistēmām.	Aizvien vairāk mājsaimniecībās tiek izmantotas mazas hidroelektroiekārtas, lai nodrošinātu elektroenerģiju individuālajās mājsaimniecībās. <i>Pico</i> hidroenerģijas mazas jaudas iekārtas novērtētas kā tirgū labākā opcija ar lētāko cenu elektrifikācijas nodrošināšanai ārpus pilsētu teritorijām vai attālās teritorijās jaunatīstības valstīs.	Hidroenerģijas iespējamais potenciāls ir atkarīgs no plūsmas ātruma un augstuma gradienta starp diviem ūdens slāņiem. Līdzīgi kā ar vēja enerģiju arī hidroenerģijas resursi var tikt izmantoti ūdeņraža ražošanā.	Rūpniecības un pakalpojumu sektoros izmanto enerģiju no liela mēroga hidroelektrostacijām elektroenerģijas ieguvei. Lauksaimniecības sektorā novērojama atšķirīga tendence. Hidroenerģiju iespējams izmantot apūdeņošanas sistēmas pārvaldībā. Kombinēto sistēmu izmantošana Hidroenerģiju līdzīgi kā citus atjaunojamās enerģijas avotus, iespējams kombinēt ar citiem atjaunojamās enerģijas avotiem, piemēram, vēja enerģiju – izmantot kombinētās sistēmas.
	Biomasa (t.sk.bio metāns)	Cieto biomasu izmanto rūpniecības procesos kā enerģijas avotu. Kā izejvielu vairāk izmanto biomasas atlikumus – lauksaimniecības	Kā izejvielas enerģija ieguvei tiek izmantoti ēdināšanas sektora radītie organiskie virtuves atkritumi. Citās pakalpojumu nozarēs, biomasas	Lauksaimniecībā aizvien vairāk enerģijas ieguvei tiek izmantoti lauksaimniecības atlikumi ar mērķi bagātināt biogāzi un papildus kūstmēsliem	Mājsaimniecības sektorā apkures nodrošināšanai un siltā ūdens sagatavošanai tiek izmantota cietā biomasas, kas sadedzinot vienlaikus rada arī emisijas gaisā.	Biomassu plaši iespējams izmantot, lai no tās iegūtu biogāzi, biometānu, biodeģvielu un biodīzeļdegvielu un to izmantotu	Apskatītajos sektoros biomasu izmanto cietās biomasas veidā, kas ir limitēta un tāpēc aizvien vairāk enerģijas ieguvei tiek izmantoti lauksaimniecības atlikumi vai procesos radītie

		atlikumus, organiskos atkritumus.	izmantošanas īpatsvars novērtēts kā salīdzinoši neliels.	kā izejvielu izmantot lauksaimniecībā radītos atkritumu, lai sasniegtu kvalitātes prasības, kas atbilst biometānam. Biomassas atlikumu izmantošana un apstrāde enerģijas ieguvei samazina noglabājamo organisko atkritumu apjomus.	Līdzīgi kā citos apskatītajos sektoros alternatīva cietajai biomasai varētu būt biomasas atlikumi, bioloģiski noārdāmi atkritumi ar augstu enerģētisko potenciālu. Kā efektīvs enerģijas ieguves veids novērtēta biomasas atlikumu apstrāde izmantojot gazifikāciju. Ar mazāku efektivitāti novērtētas termiskās pārveides metodes izmantojot sadedzināšanu.	transportlīdzekļu darbināšanai. Šķidru biodegvielu iespējams iegūt izmantojot, piemēram, rapsi vai saulespuķes - biodīzeļdegvielas ieguvei, tāpat arī miežus, bietes, kukurūzu, saldo sorgo - bioetanola ražošanai. Saskaņā ar pētījumos norādīto nākamās paaudzes biodegvielai, kā izejvielas izmantojot lignocelulozi un atkritumu nav tādu ierobežojumu ka pirmās paaudzes biodegvielai.	blakusprodukti vai ēdināšanas sektora radītie organiskie virtuves atkritumi. Transporta sektorā tiek izmantota gan pati biomasa, gan arī biomasas atlikumi un bioloģiski noārdāmi atkritumi. Izmantojot biomasu iespējams efektīvi sasniegt rūpniecības procesiem nepieciešamo temperatūras diapazonu. Kā izejvielu izmanto biomasas atlikumus – lauksaimniecībā radītos atlikumus, organiskos atkritumus.
	Ģeotermālā enerģija	Ģeotermālās enerģijas izmantošanai ir plašs pielietojums.	Ģeotermālā enerģija vairāk tiek izmantota rekreācijā un tūrismā, kur tai ir plašas pielietojuma iespējas.		Siltumsūkņi izmanto relatīvi konstantu temperatūru augsnē vai ūdenī, lai nodrošinātu ēku apkuri, dzesēšanu un siltā ūdens sagatavošanu cauru gadu.	Ģeotermālā enerģija ir siltumenerģija, savukārt transporta sektorā vairāk nepieciešama elektroenerģija. Neliels literatūras daudzums saistībā	Ģeotermālās enerģijas izmantošanai ir plašas lietojuma iespējas Ģeotermālās enerģijas avotu (ar temperatūru <100 C), kas savienots ar siltumsūkņi sistēmā var izmantot ēku apkurei un

					<p>ar ģeotermālās enerģijas izmantošanu transporta sektorā. Ģeotermālās enerģijas izmantošana lielā mērā atkarīga no ģeogrāfiskās atrašanās vietas, klimatiskajām un reģionālajām īpatnībām.</p>	<p>dzesēšanai, virszemes enerģijas uzkrāšanai, karstā ūdens sagatavošanai, apledošuma un sniega kausēšanai, kā arī rūpniecisko procesu siltuma saglabāšanai un atkārtotai izmantošanai. Novērtēts, ka ģeotermālo enerģiju iespējams pielietot arī saldūdens ieguvē un ūdens atsāļošanas procesos. Nodrošina gan elektroenerģiju, apkuri un dzesēšanu mājāsaimniecībās, komerciālās un rūpnieciskās ēkās, kā arī citās iekārtās.</p> <p>Izmantošana atkarīga no resursu pieejamības. Ģeotermālā resursa izmantošanas iespējas ietekmē ģeogrāfiskie apstākļi un resursa pieejamība.</p>
--	--	--	--	--	--	--

1. Vai kādam AER kādā no sektoriem notiek straujāka tehnoloģiju attīstība?

- 5 – straujākā attīstība;
 4 – strauja attīstība/otra straujākā attīstība, pastāv nelieli ierobežojošie faktori;
 3 – lēnāka/ierobežota attīstība, pastāv faktori, kas limitē izmantošanu;
 2 – lēna attīstība;
 1 – nav vērojama attīstība.

Tabula 2.31

Nr.	Energoresurss	Rūpniecības sektors	Pakalpojumu sektors	Lauksaimniecības sektors	Mājsaimniecības sektors	Transporta sektors
	Saules enerģija	<p>5 – straujākā attīstība Paredzams Saules enerģijas tehnoloģiju izmantošanas īpatsvara pieaugums nākotnē. Ķīna pēdējos gados ir piedzīvojusi lielu pāreju no fosilās enerģijas resursiem uz tīrākiem enerģijas avotiem t.sk. ražošanas nozarēs izmantojot saules PV paneļus un vēja turbīnas. Saules enerģijas tehnoloģiju attīstība un izmantošanas īpatsvara palielināšanās arī saistāma ar intensīvāku tehnoloģiju ražošanu, līdz ar to zemākām izmaksām un zemāku atmaksas periodu.</p>	<p>5 – straujākā attīstība Saules enerģijas tehnoloģiju straujāku attīstību un pieprasījumu pēc tām veicina šobrīd jau zems atmaksāšanās laiks un viedo tehnoloģiju attīstība un izmantošana paredzot laiku, kad tiks sasniegta maksimālā saules enerģija un kad būs nepieciešams segt saules enerģijas iztrūkumus. Izvēloties atbilstošu jaudu un tehnoloģiju 5 gados iespējams atpelnīt ieguldītās investīcijas. Izmantojot saules enerģijas tehnoloģijas apvienojumā viedajām</p>	<p>4 – otra straujākā attīstība Atkarībā no izvēlētās tehnoloģijas un iekārtu uzstādītās jaudas leguldītās investīcijas saules paneļos iespējams atpelnīt mazāk kā 10 gadu laikā. Viedo tehnoloģiju izmantošanas īpatsvara pieaugums. Viedais lauksaimniecības monitorings izmantojot lietu internetu. Attiecībā uz tehnoloģiju attīstību kā līderi tehnoloģiju attīstībā jāmin viedo tehnoloģiju izmantošanu kā enerģijas un enerģijas uzkrāšanas avotu izmantot saules PV paneļus.</p>	<p>4 – otra straujākā attīstība, nākotnē iespējama straujākā attīstība, tomēr jāņem vērā, ka AER tehnoloģijas ievieš tikai daļa no mājsaimniecībām Mājsaimniecības sektorā aizvien vairāk tiek izmantoti viedie tīkli un viedie skaitītāji, nereti kā AER izmantojot saules enerģijas sistēmas, paredzams, ka arī nākotnē Viedo tehnoloģiju izmantošana palielināsies un tās izmantos cilvēki, kas vairāk domā par enerģijas ietaupījumiem un</p>	<p>4 – otra straujākā attīstība, nākotnē – 5 Saules ceļu tehnoloģiju izmantošana pielietojot saules enerģijas PV paneļus turpina attīstīties un prognozējams, ka līdz ar elektro automašīnu īpatsvara pieaugumu palielināsies arī saules ceļu tehnoloģiju izmantošana saistībā ar nepieciešamību pēc uzlādes stacijām. Prognozējams, ka nākotnē saules ceļu tehnoloģiju izmantošana būs</p>

		<p>Piemērs: līdz 2030.gadam iespējams nodrošināt aptuveni 15 EJ saules siltumenerģijas un šajā periodā šo tehnoloģiju īpatsvars rūpniecības nozarē varētu sasniegt 33%.</p> <p>Saules enerģija kā primārais enerģijas avots aizvien vairāk tiek izmantota Amerikas Savienoto Valstu pārtikas un dzērienu rūpniecībā, kur ražotnes jau šobrīd aprīkotas ar liela mēroga saules siltumenerģijas sistēmām ražošanas procesu nodrošināšanai.</p> <p>Pārtikas rūpniecība arī globāli novērtēta kā dominējošā rūpniecības nozare, kur aizvien vairāk tiek izmantotas saules siltumenerģijas sistēmas.</p> <p>Aizvien vairāk rūpniecības uzņēmumu izmanto saules paneļus un kolektoros ar mērķi samazināt degvielas izmaksas, samazināt vides piesārņojumu, uzlabotu tirgus konkurētspēju.</p>	<p>tehnoloģijām iespējams panākt straujāku tehnoloģisko attīstību un efektivitāti. Plašāk tiek izmantotas šādas enerģijas taupīšanas metodes:</p> <p>Saules enerģijas tehnoloģijas apvienojumā ar ieregulētu viedo grafiku tiek izmantotas slodzes un enerģijas patēriņa samazināšanai sabiedriskās iestādēs, piemēram, skolās. Papildus viedajam grafikam apvienojumā ar saules enerģijas PV paneļiem iespējams izmantot arī biotermiskās sildīšanas mehānismu.</p> <p>Enerģijas pieprasījuma ierobežošana apvienojumā ar saules PV enerģiju un bi-termostatu tiek novērtēta kā efektīva enerģijas taupīšanas metode, kas kontrolē ūdens elektriskos sildītājus, lai tie neietekmētu kopējo ēkas maksimālo mēneša enerģijas patēriņu.</p>	<p>Aizvien vairāk lauksaimniecības sektorā, īpaši monitoringa pasākumos, piemēram, aizsarlīdzekļu dozēšana, kultūraugiem nepieciešamo barības vielu dozēšana, dažādu parametru, t.sk. augsnes mitruma kontrolēšana, tiek izmantotas viedās tehnoloģijas apvienojumā ar saules enerģijas tehnoloģiju izmantošanu un turpmāka tehnoloģiju attīstība un īpatsvara palielināšanās prognozējama arī nākotnē.</p>	<p>energoefektivitātes celšanas pasākumiem.</p> <p>Samazinātās PV paneļu cenas veicina tehnoloģiju uzstādīšanu mājsaimniecībās.</p> <p>Novērtēts, ka šobrīd saules siltumenerģijas iekārtu uzstādīšana piedzīvo strauju attīstību, jo pieaug inženieru, arhitektu un individuālo patērētāju interese par atjaunojamiem enerģijas avotiem. Daļēji tas saistāms ar globālo sasilstāšanu un nepieciešamību aizstāt tradicionālos enerģijas avotus ar AER tehnoloģijām.</p> <p>Mājsaimniecības sektorā aizvien vairāk kā emisiju samazināšanas risinājums parādās nulles enerģijas ēkas, kurās kā enerģijas avots tiek izmantotas saules enerģijas sistēmas.</p>	<p>būtisks instruments veidojot decentralizētu enerģijas piegādi caur uzlādes stacijām.</p> <p>Saules ceļu tehnoloģiju attīstības jomā viens no līderiem ir Ķīna, kas pastāvīgi veic dažādus uzlabojumus.</p> <p>Piemērs: <i>Netālu Pekinai esošajā Šandunas provinces galvaspilsētā uz ceļiem ieviesta saules ceļu avārijas josla. Aprēķināts, ka izmantojot saules ceļu tehnoloģijas minētais ceļš var saražot līdz miljonam kWh enerģijas, kas ir pietiekams elektroenerģijas apjoms, lai Ķīnā ar elektroenerģiju nodrošinātu aptuveni 800 mājsaimniecības.</i></p>
--	--	--	---	---	--	--

		<p>Novērtēts, ka augstākais potenciāls izmantot saules enerģiju ir, piemēram, mehānisko transportlīdzekļu ražotnes, tekstila ražošana, poligrāfija, metalizstrādājumu ražošana, papīra ražošana, gumijas un plastmasas ražošana, ķīmiskā rūpniecība, pārtikas produktu un dzērienu ražošana, kā arī elektrisko iekārtu aprīkojuma ražošana.</p> <p><i>Novērtēts, ka izmantojot ar saules enerģiju darbināmas iekārtas iespējas gadā iespējams ietaupīt 12,9 kilotonnas dīzeļdegvielas un CO₂ siltumnīcefekta gāzu emisijas samazināt par 41 kilotonnu</i></p> <p><i>Novērtēts, ka farmācijas ražošanas procesos izmantojot saules enerģiju iespējams ietaupīt aptuveni 30% no dīzeļdegvielas gada patēriņa, kas iepriekš tika izmantota procesu nodrošināšanai.</i></p> <p><i>Ķīnā, Dzedzjanas provincē esošajā elektrolītiskā</i></p>	<p>Saules enerģijas tehnoloģiskās izmantošanas iespējas tiek attīstītas un plašāk pēdējos gados tiek izmantotas arī notekūdeņu sektorā.</p> <p>Saules enerģijas tehnoloģiju izmantošana saistās ar siltumenerģijas atgūšanu no galvenokārt attīrītiem notekūdeņiem. Enerģijas atgūšanai no notekūdeņiem tiek izmantoti siltumsūkņi, elektroenerģija tiek iegūta izmantojot saules PV paneļus.</p>		<p>Straujāka nulles enerģijas ēku attīstība plānojama arī nākotnē līdz ar to secināms, ka arī mājāsaimniecības sektorā arī turpmāk prognozējams saules enerģijas izmantošanas īpatsvara pieaugums, jo nereti nulles enerģijas ēkā tiek izmantoti gan kolektori, PV paneļi, gan arī siltumsūkņi.</p>	
--	--	---	--	--	---	--

		<p>pārklājuma rūpnīcā kā primārais enerģijas avots galvanizācijas procesu nodrošināšanai tiek izmantotas saules enerģijas iekārtas, aprēķināts, ka uzstādot ar saules siltumenerģiju darbināmas iekārtas CO₂, SO₂ un NO_x emisijas katru gadu samazinājās attiecīgi par 390 tonnām, 1400 tonnām, 45 tonnām un 22 tonnām.</p> <p>Vienā no Ķīnas cementa rūpnīcām, Jiangsu provincē 129,6 m² platībā tika uzstādīti saules kolektori un gaisa siltumsūkņi. Veikto izmaiņu rezultātā novērtēts, ka ik gadu CO₂ emisijas samazinājās par 558 tonnām, SO₂ emisijas - par 1,47 tonnām, NO_x emisijas par 0,76 tonnām un PM cieta izkļiedēto daļiņu emisijas - par 5,03 tonnām.</p> <p>Šobrīd plaša mēroga izpēte tiek koncentrēta attiecībā uz saules enerģijas izmantojamajām žāvēšanas iekārtām lauksaimniecībā un pārtikas nozarē.</p>				
--	--	--	--	--	--	--

	<p>Vēja enerģija</p>	<p>3 – ierobežota attīstība vai nākotnē – 4 Ķīna ir dominējošā valsts vēja turbīnu ražošanā un pēdējos gados tā aizvien vairāk ražošanas nozarē sāk izmantojot vēja turbīnas.</p>	<p>3 – ierobežota attīstība Vēja enerģijas attīstību ietekmē cilvēka faktors un cilvēku aizspriedumi par vēja ģeneratoriem un to nelabvēlīgo ietekmi uz vidi, vizuālās ainavas maiņu.</p>	<p>3 – ierobežota attīstība Vēja enerģijas attīstību ietekmē cilvēka faktors un cilvēku aizspriedumi par vēja ģeneratoriem un to nelabvēlīgo ietekmi uz vidi, vizuālās ainavas maiņu, kā arī vietējās kopienas.</p>	<p>3 – ierobežota attīstība, nākotnē iespējams – 4 Pieaugoša interese par iespējām nodrošināt individuālo elektroenerģiju – izmantojot nelielas jaudas turbīnas un tās uzstādot uz māju jumtiem. Līdz ar to arī nākotnē prognozējams izmantošanas īpatsvara pieaugums. Pēdējos gados uzstādīts būtisks skaits mājsaimniecību tipa vēja turbīnu, lai ārpus pilsētām esošajās mājsaimniecībās nodrošinātu elektroenerģiju un paredzams, ka arī nākotnē enerģijas neatkarības jautājumi būs tikpat svarīgi un izmantoto mikroģenerācijas vēja turbīnu skaits palielināsies.</p>	<p>4 vai nākotnē – 5 Vēja enerģijas izmantošana ir viens no risinājumiem fosilā kurināmā aizstāšanai un kurināmā importa samazināšanai. Vēja enerģijas izmantošanai novērtēts augsts potenciāls ūdeņraža ražošanā un prognozējams, ka līdz ar automašīnu īpatsvara palielināšanos, kas darbināšanai izmanto atjaunojamo ūdeņradi vienlaikus palielināsies nepieciešamība izmantot vēja enerģijas resursus ūdeņraža ieguvei. Līdz ar ES izvirzītajām prasībām līdz 2050.gadam aizvien vairāk tiks domāts, kā dekarbonizēt transporta sektoru un viens no risinājumiem būs SEG emisiju neitrāla degviela. Līdz ar to</p>
--	-----------------------------	---	---	---	--	--

						prognozējams, ka nākotnē pieaugs vēja enerģijas izmantošanas īpatsvars ūdeņraža ražošanai.
	Hidroenerģija	<p>3 – ierobežota attīstība, nākotnē – 4 strauja attīstība</p> <p>Ķīnā ir liels attīstības potenciāls hidroenerģijas resursu izmantošanai.</p> <p>Hidroenerģijas potenciālu un izmantošanas iespējas lielā mērā ietekmē atšķirīgā hidroresursu pieejamība.</p> <p>Attīstītajās valstīs hidroenerģijas izmantošana vērtējama kā augsta sasniedzot vidēji 60–95%, savukārt jaunattīstības valstīs hidroenerģijas izmantošana vērtējama kā zema.</p> <p>Piemērs: <i>Ekvadoras stratēģijas līdz 2025.gadam ietvaros viena no galvenajām darbības jomām stratēģiski energoietilpīgu nozaru attīstība kā naftas pārstrādes rūpnīcas, naftas ķīmijas rūpniecība, alumīnija, vara un tērauda rūpniecība, kuru darbības procesu</i></p>	<p>3 – ierobežota attīstība</p> <p>Hidroenerģijas izmantošanu hidroelektrostacijās kavē un ietekmē cilvēku viedoklis par hidroelektrostacijām un to ietekmi uz vidi un ainavu, kā arī hidroenerģijas izmantošanu ietekmē ūdens resursu pieejamība.</p>	<p>3 – ierobežota attīstība</p> <p>Hidroenerģijas izmantošanu ietekmē ūdens resursu pieejamība un cilvēka faktors. Lauksaimniecības sektorā vairāk dominē citu atjaunojamo enerģijas avotu izmantošana.</p>	<p>4 – strauja attīstība</p> <p>Individuālajās mājāsaimniecībās aizvien vairāk parādās tendence pēc neatkarīgi nodrošinātas elektroenerģijas kā enerģijas avotu izmantojot maza mēroga hidroelektroiekārta</p> <p>Kā viena no izdevīgākajām novērtēta PHP sistēma, kuras izmantošanas īpatsvars varētu pieaugt arī nākotnē, jo izmantojot PHP sistēmu nav vajadzīgas aizsprostu būves un līdz ar to samazinās arī nelabvēlīgās ietekmes uz vidi, kas tradicionāli tiek saistītas ar hidroelektrostacijām.</p>	<p>3 – ierobežota attīstība, nākotnē varētu būt – 4</p> <p>Hidroenerģijas iespējamais potenciāls ir tiešā mērā atkarīgs no plūsmas ātruma un augstuma gradienta starp diviem ūdens slāņiem.</p> <p>Ekvadorā novērtēts, ka ūdeņraža ieguve veicot elektrolīzi ir viens no videi draudzīgākajiem risinājumiem ar vienu no mazākajām ietekmēm uz vidi, ja kā enerģijas avots tiek izmantota hidroenerģija.</p> <p>Nepālā novērtēts, ka viens no galvenajiem instrumentiem kādā veidā transporta sektorā būtu iespējams palielināt un veicināt</p>

		<p><i>nodrošināšanai nepieciešams izmantot hidroenerģijas resursus un liela mēroga hidroelektrostacijas.</i></p> <p><i>Hidroenerģijas izmantošana Ekvadoras attīstības stratēģijā šobrīd uzskatāma par galveno risinājumu energoapgādes drošībai arī samazinot elektrības cenu un siltumnīcefekta gāzu emisijas.</i></p>				<p>vietējo hidroenerģijas resursu ilgtspējīgu izmantošanu ir transporta elektrifikācijas politika līdz 2050.gadam palielinot ar hidroenerģiju saražotās elektroenerģijas jaudu līdz 495 MW.</p> <p>Resursa izmantošanas attīstību ietekmē arī tā pieejamība.</p> <p>Prognozejams, ka resursa izmantošanas īpatsvars līdz ar elektro automašīnu īpatsvara pieaugumu arī palielināsies nākotnē.</p>
Biomasa (t.sk.biometāns)	<p>4 – Strauja attīstība, kas paredzama arī nākotnē</p> <p>Pamatojoties uz 2017. gada datiem aprēķināts, ka Eiropas Savienības 28 valstīs biomasa bija vienīgais atjaunojamās enerģijas avots ar vērā ņemamu enerģijas izmantošanas īpatsvaru - 93% no rūpniecības sektorā izmantotās atjaunojamās enerģijas bija cietā biomasa.</p>	<p>3 – citās nozarēs, 4 – strauja attīstība ēdināšanas sektorā</p> <p>Biomasu nelimitē enerģijas iztrūkumi un var tikt vienlīdzīgi nodrošināta enerģija cauru gadu, pakalpojumu sektorā tas vairāk attiecas tieši uz no ēdināšanas sektora saņemto virtuves atkritumu apstrādi enerģijas ieguvei.</p>	<p>5 – straujākā attīstība un perspektīvas nākotnē</p> <p>Pēdējos gados biogāzei un tās kvalitātes uzlabošanai tiek pievērsta lielāka uzmanība kā alternatīvam risinājumam fosilā kurināmā aizstāšanai</p> <p>Lauksaimniecības atlikumu izmantošanai ir augsts izmantošanas potenciāls gan šobrīd, gan arī nākotnē</p>	<p>4 – strauja attīstība un perspektīvas nākotnē – 5</p> <p>Visā Eiropas Savienībā koksne tiek izmantota mājāsaimniecībās gan individuālajai apkurei, gan arī centralizētās siltumapgādes nodrošināšanai.</p> <p>Vairākās Eiropas Savienības dalībvalstīs</p>	<p>5 – straujākā attīstība un perspektīvas nākotnē</p> <p>Raksturīga strauja biomasas izmantošanas attīstība, kas prognozējama arī nākotnē, kas saistīts ar to, ka tiks meklēti risinājumi, kādā veidā iespējams aizstāt fosilo degvielu un biomasas</p>	

		<p>Prognozēta arī turpmāka biomasas ģpatsvara izmantošanas pieaugums nākotnē.</p> <p>Visvairāk biomasas siltumenerģijai un procesiem nepieciešamo temperatūras apstākļu nodrošināšanai tiek izmantota sektoros, kur veidojas biomasas atlikumi.</p> <p>Visvairāk cietās biomasas siltumenerģijas procesiem patērēta tajos sektoros, kur ražošanā veidojas biomasas atlikumi, piemēram - celulozes, papīra ražošana, poligrāfijā, kokapstrādes ražotnes. Aprēķināts, ka šajos sektoros kopumā enerģijas ieguvei izmantotā biomasas veidoja ap 85% no kopējā rūpnieciskās biomasas enerģijas patēriņa.</p> <p>Balstoties uz 2017.gada datiem novērtēts, ka izmantojot cieto biomasu tika saražota 69% no primārās enerģijas ražošanas ģpatsvara.</p>		<p>prognozējams lauksaimniecības atlikumu izmantošanas enerģijas ieguvei ģpatsvara pieaugums.</p> <p>Lauksaimniecības atlikumu izmantošana saistās ar enerģijas ieguvei apstrādei biogāzē un biogāzes kvalitātes paaugstināšanu līdz prasībām, kādas atbilst biometānam, kas savukārt tiek izmantots transportlīdzekļu kā degviela. Ģpaši strauja attīstība lauksaimniecības atlikumu izmantošanā vērojama Zviedrijā.</p> <p>Zviedrijas Starptautiskā atjaunojamās enerģijas aģentūra aprēķinājusi, ka līdz 2030.gadam enerģijas ieguvei jāizmanto 13–30 EJ y⁻¹ lauksaimniecības atlikumi, lai līdz 2030.gadam sasniegtu noteikto ilgtspējīgas enerģijas mērķi divkārtot atjaunojamās enerģijas ģpatsvaru. Tāpat arī aprēķināts, ka enerģijas ieguvei izmantojot</p>	<p>uzstādītas vairākas neliela mēroga izmēģinājuma iekārtas, kurās kā izejvielas tiek izmantotas dažādas enerģijas kultūras.</p> <p>Izmantojot modelēšanu izveidoti scenāriji saistībā ar biomasas izmantošanas iespējām nākotnē un saskaņā ar rezultātiem nākamajās trīs desmitgadēs līdz 2040. – 2045. gadam biomasas ir atzīta par viskonkurētspējīgāko enerģijas avotu mājsaimniecības sektorā.</p> <p>Saskaņā ar veiktā pētījuma rezultātiem tika apzināts, ka veicot enerģijas sistēmas novērtējumu svarīga komponente ir ģeotermisko resursu dinamika.</p>	<p>resursi piedāvā plašākas iespējas fosilo resursu aizstāšanai vai kombinēšanai transporta sektorā.</p> <p>Biodeģvielas plašāka izmantošana novērtēta kā risinājums, lai transporta sektorā samazinātu oglekļa emisijas un sasniegtu Eiropas Savienības izvirzīto mērķi 10% no izmantotās fosilās degvielas daudzuma aizstāt ar biodeģvielu.</p> <p>Somijā novērtēts, ka jau šobrīd visās transporta degvielās attiecīgu daļu veido biokomponentes.</p> <p>Skandināvijas valstīs novērtēta straujāka biomasas izmantošana attīstība transporta sektorā ar mērķi to dekarbonizēt saskaņā ar ES uzliktajiem mērķiem un uzdevumiem.</p>
--	--	---	--	---	---	---

		<p>Biomasa % izmantošana atkarīgo katras konkrētās valsts vai reģiona.</p> <p>Biomasa izmantošanas īpatsvars atkarīgs no konkrētās valsts investīciju ieguldījumiem un biomasas potenciāla.</p> <p>Biomasa izmantošana atkarīga no konkrētās valsts vai reģiona. Gandrīz visās Eiropas savienības valstīs cietās biomasas īpatsvars rūpniecības sektora kopējā enerģijas gala patēriņā 2017. gadā bija vairāk nekā 30% un Beļģijā, Dānijā, Īrijā un Luksemburgā šī daļa pārsniedza 70%.</p> <p>Citos pētījumos norādīts, ka Īrijā rūpniecībā sektorā procesu nodrošināšanai tiek izmantota vairāk nekā puse no cietās biomasas (53%), savukārt Somijā, Zviedrijā, Slovēnijā un Portugālē cietās biomasas izmantošanas īpatsvars pārsniedz 40%.</p>		<p>graudaugu un cukurniedru atlikumus būs iespējams sasniegt izvirzīto mērķi.</p> <p>Viena no prioritātēm izvirzīta biometāna ieguve no biogāzes kā izejvielas izmantojot kūsmēslus, kas bagātināti ar lauksaimniecības atlikumiem. Tāpat arī aizvien vairāk pētījumi koncentrējas uz to, kādu lauksaimniecības atlikumu izmantošanai ir lielākais potenciāls nodrošināt biometāna kvalitātes prasības.</p> <p>Biomasa nelimitē enerģijas iztrūkumi un var tikt vienlīdzīgi nodrošināta enerģija cauru gadu, aizvien vairāk biomasu tiek izmantota kā stabils papildus enerģijas avots hibrīdajās sistēmās kompensējot, piemēram, vēja un saules enerģijas pārtraukumus.</p>		<p>No biomasas iegūta biodegviela šobrīd un prognozējams arī nākotnē tiek vērtēta kā galvenais iespējamais risinājums, lai samazinātu jēlnaftas izmantošanu.</p> <p>Atbalsts biodegvielas izmantošanas īpatsvara paaugstināšanai tiek veicināts, par katru saražoto tonnu biodegvielas izsniedzot biodegvielas sertifikātus, kas apliecina ievērotos ilgtspējības kritērijus.</p>
--	--	---	--	--	--	---

	<p>Ģeotermālā enerģija</p>	<p>3 – ierobežota vai lēnāka attīstībā, nākotnē paredzama straujāka attīstība – 4</p> <p>Ražošanas sektorā reālais ģeotermālās enerģijas izmantojums uzskatāms par nelielu, lai gan ģeotermālās enerģijas izmantošanai piemīt vairākas priekšrocības. Novērtēts, ka vidējas entalpijas ģeotermālajai enerģijai ir liels potenciāls kā centrālās apkures un dzesēšanas avotam un paredzams, ka ģeotermālās enerģijas izmantošana nākotnē pieaugs. Izmantošanas īpatsvaru iespējams palielināt ģeotermālo enerģiju izmantojot kombinētajās sistēmās, piemēram, saules enerģijas sistēmās nodrošinot enerģiju saules pārtraukumu gadījumos. Šādas sistēmas tiek aizvien vairāk izmantotas līdz ar to arī palielinās arī ģeotermālās enerģijas lietojums.</p>	<p>4 – strauja resursa izmantošanas attīstība rekreācijā un tūrismā, kas nākotnē varētu pieaugt</p> <p>Rekreācijas un tūrisma sektorā ģeotermālās enerģijas izmantošanas attīstība vērtējama kā otra straujākā ar potenciālu pieaugt arī nākotnē. Citās pakalpojumu sektora nozarēs ģeotermālās enerģijas izmantošana vērtējama kā neliela. Daļēji tas skaidrojams ar ģeotermālā resursa neviendabīgo pieejamību, plašākas izmantošanas iespējas novērtētas tajos reģionos, kur plašāk pieejami ģeotermālās enerģijas avoti.</p>	<p>3 – ierobežota attīstība</p> <p>Izmantošanas iespējas lauksaimniecības sektorā ietekmē ģeogrāfiskais novietojums un resursa pieejamība.</p>	<p>4 – strauja attīstība</p> <p>Vācijā novērtēta strauja attīstība ģeotermālo siltumsūkņu izmantošanā mājsaimniecībās tādā veidā neatkarīgi nodrošinot siltumenerģiju.</p> <p>Daudzās valstīs ar vēsāku klimatu siltumsūkņi tiek uzskatīti par nākotnes enerģijas sistēmu daļu. Daudzās pasīvajās ēkās tiek izmantoti siltumsūkņi.</p>	<p>3 – ierobežotas priekšrocības</p> <p>Apskatītajā literatūrā ir maz informācijas par ģeotermālās enerģijas izmantošanu, kas pēc būtības nodrošina siltumenerģiju, bet transporta sektorā vairāk nepieciešams nodrošināt elektroenerģiju.</p> <p>Attīstību ietekmē Ģeogrāfiskā atrašanās vieta, klimatiskās un reģionālas atšķirības. Lielāka attīstība vietās, kur ir plaša resursu pieejamība, piemēram, Islandē. Islandē veiktajā pētījumā tika novērtēta ģeotermisko resursu dinamikas saistība kontekstā ar Islandes ilgtspējīgas enerģijas sistēmas izveidi un attīstību. Pētījums ietvēra elektrisko</p>
--	-----------------------------------	--	---	---	---	---

						transportlīdzekļu novērtēšanu kā Islandes dekarbonizācijas stratēģiju transporta sektorā. Pētījuma tiknovērtēts, ka ģeotermisko resursu dinamikas iekļaušana sniedz iespēju paplašināt Islandes transporta elektrifikāciju.
--	--	--	--	--	--	---

2. Kuram AER resursam ir lielākās lietojuma priekšrocības?

- 5 – perspektīvākā;
- 4 – otra perspektīvākā;
- 3 – mazāk perspektīva, ir kāds nopietns ierobežojošais faktors;
- 2 – vēl mazāk perspektīva, vairāki ierobežojošie faktori;
- 1 – vismazāk perspektīva vai nav perspektīva.

Tabula 2.32

Kuram AER resursam ir lielākās lietojuma priekšrocības un kāpēc?						
Nr.	Energore surss	Rūpniecības sektors	Pakalpojumu sektors	Lauksaimniecības sektors	Mājsaimniecības sektors	Transporta sektors
	Saules enerģija	5 – lielākās priekšrocības Izmantojot saules siltumenerģijas tehnoloģijas iespējams nosegt 50–70% no kopējā rūpniecībā radītā enerģijas patēriņa. Nepieciešamās temperatūras atbilst procesiem, kuru veikšanai vajadzīgā temperatūra ir zem 100° C, kas atbilst arī tai temperatūrai, ko iespējams nodrošināt ar saules enerģijas tehnoloģijām. Procesi tādās temperatūrās sastāda	4 vai 5 – lielākās vai otras lielākās priekšrocības Priekšrocības saistās ar to, ka uzstādot PV paneļus un saules kolektoros iespējams vienlaikus iegūt gan elektroenerģiju gan siltumenerģiju. Neveido siltumnīcefekta gāzu emisijas, bet var tās ievērojami samazināt. Saules siltumsistēmas piemērotas izmantošanai zemās un vidējās temperatūrās, kādas	5 – lielākās priekšrocības Viedo tehnoloģiju plašas izmantošanas iespējas kā enerģijas avotu izmantojot saules enerģiju. Viedās lauksaimniecības priekšrocības saistās ar augstāku kultivēto kultūru kvalitāti, augstāku produktivitāti, efektīvi pārvaldītu un caur monitoringu kontrolētu lauksaimniecības sistēmu, papildus novērtēts, ka šādas sistēmas funkcionēšana palielina iedzīvotāju ienākumus.	4 vai 5 – lielākās vai otras lielākās priekšrocības Izmanto gan saules kolektoru, gan paneļus. Samazinātas CO2 emisijas. Veicina energoapgādes dažādošanu un reģionālo, nacionālo enerģētisko neatkarību. Saules kolektoros iespējams integrēt kopā ar ēkas konstrukciju dažādos veidos: kā fasādes elementu, jumtu vai balkonu, kā arī lietus ūdens notekcaurulēs vai kompaktās sistēmās.	4 – otras lielākās priekšrocības Saules ceļu tehnoloģijas in risinājums elektro auto uzlādes staciju pieejamībai. Ceļos integrēti saules PV paneļi var saražot ievērojamus elektroenerģijas apjomus, samazināt emisijas. Pētījumos novērtēts, ka tie spēj saražot vairāk nekā 804 GWh gadā, un izmantojot saules ceļu tehnoloģijas iespējams ietaupīt 41 000 litrus fosilā kurināmā. Saules ceļu tehnoloģiju priekšrocības saistās ar to, ka

		<p>50–70% no kopējā rūpniecībā radītā enerģijas patēriņa. Līdz ar to radot labvēlīgus apstākļus saules enerģijas izmantošanas rūpnieciskajos procesos.</p> <p>ļespējams ar dažādām saules enerģijas tehnoloģijām un to režīmiem nodrošināt atšķirīgas temperatūras attiecīgiem rūpniecības procesiem.</p> <p>Piemērs: <i>Vidējās temperatūras - līdz 200°C, tiek sasniegtas izmantojot īpaši augsta vakuuma plākšņu kolektorus un vakuuma cauruļu kolektorus ar koncentratoriem, savukārt saules koncentratori, piemēram paraboliskie, Fresnera, var radīt spiediena tvaiku temperatūrās līdz 400 °C.</i></p> <p>Plakano plākšņu kolektori un cauruļu tipa kolektori (ETCs) ir piemēroti izmantošanai procesos ar zemām temperatūrām, paraboliskie kolektori – ražošanas</p>	<p>nepieciešamas procesiem pakalpojumu sektorā</p> <p>Plašas izmantošanas iespējas publiskajā sektorā - tūrisma nozarē, ofisa pakalpojumu ēkās, kā arī iespējams atrast informāciju par saules enerģijas sistēmu izmantošanu sabiedrisko iestāžu t.sk. skolu siltumenerģijas un elektroenerģijas nodrošināšanai.</p> <p><i>Viesnīcu nozarē no atjaunojamās enerģijas resursiem tiek izmantotas saules enerģijas tehnoloģijas un jo īpaši saules PV paneļi elektroenerģijas nodrošināšanai un saules enerģijas ūdens sildīšanas sistēmas.</i></p> <p>Pētījumos novērtēts, ka cilvēki vairāk izvēlas un akceptē saules enerģijas paneļus, kuri uzstādīti uz jumta nevis to, kuri novietoti uz zemes.</p> <p>Piemērs: <i>50 kWp jaudas PV paneļi, kas novietoti uz jumta, izmantojot arī EPC mehānismus, kas ļāva viesnīcu</i></p>	<p>ļespējas izmantot viedo lauksaimniecības monitoringu izmantojot lietu internetu.</p> <p>Saules enerģijas PV paneļi tiek izmantoti kā risinājums sensora tīkla darbības ilguma palielināšanai un enerģijas uzkrāšanai. Lietu interneta sensora mezgla darbināšanai nepieciešamā enerģija tiek iegūta un uzkrāta no saules enerģijas PV paneļiem un to iespējams tieši izmantot sensora mezgla uzlādei.</p> <p>legūto saules enerģiju iespējams uzglabāt akumulatorā, lai lietu interneta (IoT) mezglu varētu darbināt arī nakts laikā.</p> <p>ļespējams izmantot precīzās lauksaimniecības metodes.</p> <p>Ja lauksaimniecībā tiek izmantots lietu internets (IoT) un bezvadu sensora tīkli (WSN), kur kā enerģijas avots tiek izmantotas saules enerģijas tehnoloģijas, tad iespējams pielietot precīzās lauksaimniecības metodes un</p>	<p>Pētījumos kā efektīvs risinājums saules enerģijas uzkrāšanai novērtētas akmeņu gultnes sistēmas.</p> <p>ļespējams izmantot dažāda tipa saules kolektorus, piemēram, koncentrācijas tipa kolektoru, kas izmanto tiešo saules starojumu un var nodrošināt augstas temperatūras.</p> <p>ļespējams samazināt siltuma zudumus, vienlaikus saglabājot vismazākos saules kolektora un siltuma akumulatora izmērus.</p>	<p>saules enerģijas PV paneļus ir iespējams attiecīgi pielāgot jebkura veida ceļu infrastruktūrai, piemēra, šosejām, stāvvietām, veloceliņiem.</p> <p>ļespējams uzstādīt arī uz esošā seguma pirms tam neveicot inženiertehniskas pārbūves vai citus pirms uzstādīšanas darbus.</p> <p>Ar saules ceļu tehnoloģijām šarāžotā elektroenerģija var sasniegt 280 MWh gadā, vasarā - 1500 KWh dienā.</p> <p>Piemērs: <i>Ķīnas pētījumos aprēķināts, ka izmantojot saules ceļu tehnoloģijas var saražot līdz miljonam kWh enerģijas, kas ir pietiekams elektroenerģijas apjoms, lai Ķīnā ar elektroenerģiju nodrošinātu aptuveni 800 mājsaimniecības.</i></p>
--	--	---	---	---	--	---

		<p>procesiem ar augstākām temperatūrām (virs 250 °C) Plakano plāksņu kolektoriem (FPC) un cauruļu kolektoriem (ETCs) izstrādāti moderni dizaini, piemēram, plakano plāksņu kolektori aprīkoti ar caurspīdīgu izolācijas materiālu, lai nodrošinātu līdz 150°C augstus temperatūras apstākļus. Attiecībā uz plakano plāksņu kolektoriem iespējams izmantot arī daudzkārtēju stiklojumu, kas ļauj sasniegt un saglabāt temperatūru līdz 110°C, kā arī iespējams izmantot inerti gāzi vai īpaši augstu vakuumu, kas ļauj saglabāt temperatūru līdz 150 °C</p> <p>Atkarībā no lietojuma veida un attiecīgajiem procesiem nepieciešamās temperatūras ar saules enerģijas rūpnieciskajām sistēmām iespējams nodrošināt šādus procesus:</p>	<p><i>kompleksam ietaupīt līdz 21% no elektroenerģijas patēriņa, ieguldīto investīciju atmaksas laiks - 5 gadi.</i></p> <p><i>Ņemot vērā uzstādīto maksimālo jaudu un saules starojuma apstākļus, gada enerģijas ietaupījums viesnīcu kompleksam izmantojot saules enerģijas PV paneļus tika aprēķināts līdz 75 000 kWh/gadā.</i></p> <p>Saules enerģijas priekšrocības saistās arī ar saules enerģijas izmantošanu aukstumapgādei - Dzesēšanas procesu nodrošināšanai.</p> <p><i>Piemērs: Biomases un eļļas degļu aizstāšana vai biomasas gadījumā daļēja aizstāšana ar siltumsūkņiem, lai nodrošinātu dzesēšanas funkciju un karstā ūdens sagatavošanas prasības. Tehnoloģiju nomaņas ietekmē dzesēšanas procesiem nepieciešamais elektroenerģijas patēriņš tika par 30% ietaupīts, karstā ūdens patēriņš par 89%. Apvienojumā</i></p>	<p>nodrošināt precīzu kultūraugu un māļlopu kontroli. Izmantojot precīzo kultūraugu monitoringa tehnoloģijas iespējams samazināt izmaksas un palielināt ražošanas efektivitāti, jo augiem nepieciešamās vielas tiek precīzi dozētas un precīzāk iespējams noteikt attiecīgās aizsarglīdzekļu devas.</p> <p>Viedās lauksaimniecības sistēmas kā viens no risinājumiem tiek izmantotas teritorijās ārpus pilsētām.</p> <p>Saules enerģija izmantojama atšķirīgas jaudas iekārtās.</p> <p>Papildus saules enerģijas izmantošanas priekšrocības saistās ar to, ka saules enerģija ir elastīga, to iespējams izmantot gan ierīcēm kam nepieciešams zems spriegums, gan arī lielas jaudas iekārtām.</p> <p>Saules enerģijas izmantošana neizraisa atmosfēras piesārņojumu un saules</p>		
--	--	---	---	--	--	--

		<p>saules enerģijas izmantošana ūdens nodrošināšanai ražošanas procesos; saules enerģijas izmantošana tvaika ģenerēšanai ražošanas procesos; sausā žāvēšana izmantojot tiešās vai netiešās saules enerģijas sistēmas (siltumnīcas tipa, kolektora tipa, kombinētās siltumnīcas un kolektora tipa žāvēšanas sistēmas); jūras ūdens atsāļošana izmantojot saules enerģiju; saules enerģijas izmantošanas aukstumiekārtās tsk. dzesēšanas iekārtās.</p> <p>Risinājums siltumnīcefekta gāzu emisiju samazināšanai, kā arī citu emitēto piesārņojošo vielu daudzuma samazināšanai. Piemērs: <i>Novērtēts, ka vairākas Eiropas valstis, Ķīna, Dienvidāfrika un Amerikas Savienotās Valstis sniedz sniedz ievērojamu ieguldījumu CO₂ emisiju samazināšanā</i> alus</p>	<p>ar siltuma reģenerācijas sistēmu tas ļāva samazināt biomasas patēriņu karstajam ūdenim par 70%.</p> <p><i>Griekijā darbojas ar saules enerģiju darbināmas dzesēšanas sistēmas ar kopējo uzstādīto dzesēšanas jaudu aptuveni 1 500 kW.</i></p> <p>Jau esošajiem saules kolektoriem uzstādot papildus saules kolektorus iespējams ievērojami palielināt siltumenerģijas ietaupījumu un nodrošināt nepieciešamo karsto ūdeni, papildus uzstādot paneļus iespējams nodrošināt elektroenerģijas ietaupījumu. Piemērs: <i>Rekreācijas kompleksā esošiem saules enerģijas paneļiem 144 m² platībā, kas sedza ap 22,5% no karstā ūdens pieprasījuma papildus tika uzstādīti vēl saules enerģijas paneļi 170 m² platībā nosedzot 50% no kompleksam nepieciešamā karstā ūdens pieprasījuma.</i> Piemērs: <i>Saules enerģijas paneļu uzstādīšanas rezultātā</i></p>	<p>enerģijas tehnoloģiju darbības ilgums ir vairāki gadi.</p> <p>legūtajai saules enerģijai ir plašas lietojuma iespējas. Saules enerģijas fotoelektriskos paneļus aizvien vairāk izmanto arī kā alternatīvu elektroenerģijas avotu elektroķīmisku notekūdeņu un piesārņotas augsnes attīrīšanai no herbicīdiem un smagajiem metāliem. Piemērs: <i>Pētījuma novērtēts, ka izmantojot saules paneļus kā elektroenerģijas avotu augsnes attīrīšanas iekārtās pēc 15 dienu ilgas ar herbicīdiem piesārņotas augsnes apstrādes tika sasniegta 73,6% augsnes attīrīšanas efektivitāte (5.lp).</i> legūto enerģiju iespējams izmantot žāvēšanas procesu nodrošināšanai. Pētījumos pierādīts, ka žāvēšanas sistēmu, kas balstās uz saules enerģiju, izmantošana var uzlabot produkta kvalitāti Ar saules enerģiju darbināmu</p>		
--	--	--	--	--	--	--

		<p>darītavās ražošanas procesos kā enerģijas avotu izmantojot saules enerģiju. Izmantojot ar saules enerģiju darbināmas iekārtas iespējas gadā iespējams ietaupīt 12,9 kilotonnas dīzeļdegvielas un CO₂ siltumnīcefekta gāzu emisijas samazināt par 41 kilotonnu</p> <p>Vienā no Ķīnas rūpnīcām novērtēts, ka 7460 m² platībā uz jumtiem uzstādot stikla cauruļu tipa kolektorus iespējams samazināt CO₂ emisijas par 3100 tonnām un SO₂ emisijas par 350 tonnām.</p> <p>Indijas pētījumos aprēķināts, ka tekstilrūpniecībā ieviešot saules kolektorus iespējams CO₂ emisijas samazināt gadā samazināt par aptuveni 1420 kt, kas ir 0,06% no Indijas kopējām emisijām.</p> <p>Vienā no Ķīnas cementa rūpnīcām, Jiangsu provincē, lai aizstātu sākotnējās sadedzināšanas iekārtas</p>	<p>uz ofisa ēkas jumta enerģijas ietaupījums bija 86 700 kWh, kas atbilst 11% no kopējā enerģijas patēriņa gadā ar ieguldīto investīciju atmaksāšanas periodu – 6 gadi.</p> <p>Saules enerģiju iespējams un izmantot kopā ar citiem AER avotiem panākot lielāku efektivitāti:</p> <p>Saules enerģijas izstrūkumu gadījumos kā risinājums ir kombinētās sistēmas papildus izmantojot citus atjaunojamus enerģijas avotus, kā arī siltumu iespējams novadīt uz siltumsūkņiem vai īslaicīgi iespējams uzkrāt akumulācijas tvertnēs.</p> <p>Izmantojot viedo grafiku apvienojumā ar saules enerģijas tehnoloģiju izmantošanu iespējams samazināt ūdens, siltumenerģijas un elektroenerģijas patēriņu.</p> <p>Saules enerģijas paneļu izmantošana apvienojumā ar viedo grafiku, slodzes</p>	<p>žāvētāju priekšrocība ir tas, ka žāvēšanas iekārtas neizdala oglekļa monoksīdu, oglekļa dioksīdu, slāpekļa oksīdus un citas vielas, kas parasti tiek izdalītas sadedzināšanas procesos.</p> <p>Iespējams izmantot hibrīdās žāvēšanas sistēmas, kas novērtētas ar augstāku žāvēšanas efektivitāti, uzlabot produkcijas kvalitāti, kur saules enerģijas tehnoloģijas tiek izmantotas kopā ar citiem atjaunojamās enerģijas avotiem.</p> <p>Saules siltumenerģiju kā efektīvu risinājumu iespējams izmantot siltumnīcās nepieciešamo temperatūru nodrošināšanai, ka arī atsevišķos gadījumos produktivitātes palielināšanai. Temperatūras paaugstināšanai un kā siltuma uzkrāšanas materiālu izmanto, piemēram, ūdens uzkrāšanas sistēmas, akmeņu gultnes uzkrāšanas sistēmas vai grunts savācēju.</p>		
--	--	---	--	---	--	--

		<p>129,6 m² platībā tika uzstādīti saules kolektori un gaisa avota siltumsūkņi. Veikto izmaiņu rezultātā novērtēts, ka ik gadu tika ietaupīts 210 tonnas akmeņogļu, CO₂ emisijas samazinājās par 558 tonnām, SO₂ emisijas - par 1,47 tonnām, NO_x emisijas par 0,76 tonnām un PM cieta izkliedēto daļiņu emisijas - par 5,03 tonnām.</p> <p>Ķīnā, Henanas provincē apvienoja saules enerģiju un gaisa siltumsūkni, lai nodrošinātu nepieciešamos temperatūras apstākļus tabakas žāvēšanai, samazinot CO₂ emisijas par 450 tonnām.</p> <p>Pētījumos novērtēts, ka izmantojot saules kolektorus gada laikā iespējams ietaupīt 18,15 miljonus dolāru un sasniegt kopējo CO₂ samazinājumu aptuveni 76 kt.</p> <p>Īss ieguldīto investīciju atmaksas periods, kas īsāks par 10 gadiem.</p>	<p>samazināšanu, jau šobrīd tiek izmantota, lai samazinātu enerģijas patēriņu no tīkla, radītās oglekļa emisijas, maksimālo slodzi un, piemēram, skolu elektrības rēķinus.</p> <p>No saules iegūto enerģiju iespējams novirzīt uz citām iekārtām – ūdens elektriskajiem sildītājiem, siltumsūkņiem, uzkrāšanas tvertnēm.</p> <p>PV paneļus iespējams izmantot papildus ar citām iekārtām, viedo grafiku, viedajām tehnoloģijām – samazinot enerģijas patēriņu un palielinot izmaksu ietaupījumu.</p> <p><i>Dienvidāfrikas skolā izmantojot saules enerģijas iespējas maksimālais enerģijas patēriņš mēnesī, ar minināliem saules enerģijas zudumiem, tika samazināts par 24%.</i></p> <p>Piemērs: Viedais plānotājs tika ieregulēts skolai nepieciešamā ūdens sildīšanai, vienlaikus novirzot saules enerģijas pārpalikumu uz ūdens</p>	<p>Piemērs: Pētījumā novērtēts, ka akmeņu gultnes sistēmas ieviešanai bija labvēlīga ietekme uz tomātu ražu, kas salīdzinājumā ar konvencionālajām siltumnīcām bija uzlabojusies par 22%.</p> <p>Saules enerģijas PV paneļu izmantošana apūdeņošanas sistēmās ir izmaksu par elektroenerģiju efektīvi.</p> <p>Saules enerģijas tehnoloģijas kā enerģijas avots aizvien biežāk tiek izmantots ūdens apūdeņošanas sistēmās, lai nodrošinātu ūdens sūkņēšanu, kā arī novērtēts, ka saules enerģiju apūdeņošanas sistēmās izmantot ir ekonomiski izdevīgāk, ietaupot līdz pat 60% no izmaksām par patērēto elektroenerģiju.</p> <p>Elektroenerģiju, kas iegūta no saules enerģijas iespējams izmantot biomasas atlikumu pārveidošanai bio – oglēs.</p>		
--	--	---	---	--	--	--

		<p>Piemērs: <i>Ķīnā, Luohe cigarešu fabrikā procesu nodrošināšanai tika uzstādīti saules kolektori un gaisa siltumsūkņi, kopējais projekta atmaksas laiks bija seši gadi (10.lp).</i></p> <p>Saules siltumenerģiju no kolektoriem iespējams izmantot enerģijas atgūšanai no notekūdeņiem, piesārņotu notekūdeņu attīrīšanai izmantojot ķīmiskās oksidācijas notekūdeņu attīrīšanas sistēmu, kas tiek darbināta izmantojot saules siltumenerģiju un spēj veicināt grūti noārdāmo organisko vielu degradāciju, veicinot efektīvu notekūdeņu attīrīšanos, kā arī nepieciešams zems enerģijas patēriņš.</p>	<p><i>sildītājiem, lai izmantotu uzkrātās enerģijas iespējas un palielinot skolas enerģijas rēķina ietaupījumu līdz 26% mēnesī.</i></p> <p>Papildus viedajam grafikam apvienojumā ar saules enerģijas PV paneļiem iespējams izmantot arī biotermiskās sildīšanas mehānismu. Piemērs: <i>Bi-termostats tiek uzsildīts līdz 50°C temperatūrai, lai nodrošinātu siltumenerģiju pārvadīšanai tīklā un 90 ° C temperatūru siltuma nodrošināšanai izmantojot lieko saules enerģiju.</i></p> <p>Piemērs: <i>Izmantojot pieprasījuma ierobežošanas kontroles shēmu un ierobežojot maksimālo ūdens elektrisko sildītāju enerģijas patēriņu komunālo pakalpojumu izmaksu ietaupījums gadā bija par 30% mazāk salīdzinot ar sākotnējām skolas izmaksām.</i></p> <p>Īss ieguldīto investīciju atmaksas periods, kas īsāks par 10 gadiem.</p>	<p>Enerģijas pārpalikumi no saražotās saules enerģijas caur elektrotīkliem tiek pārvadīti uz berzes pirolīzes iekārtu elektromotora darbināšanai ar kuru tiek nodrošināta termiskās apstrādes procesam nepieciešamā mehāniskā enerģija.</p> <p>Īss ieguldīto investīciju atmaksas laiks, kas ir īsāks par 10 gadiem.</p>		
--	--	--	---	---	--	--

	<p>Vēja enerģija</p>	<p>3 – ierobežotas priekšrocības, 4 – nākotnē, ja izmanto kombinētās sistēmās. Iespējams izmantot kombinētās sistēmās ar citiem atjaunojamās enerģijas avotiem vai enerģijas uzkrāšanas sistēmās iespējams izmantot kā enerģijas avotu specifiskiem procesiem</p> <p>Vēja enerģiju iespējams izmantot kā enerģijas avotu amonjaka ražošanā. Novērtēts, ka laikā, kad ir zems elektroenerģijas pieprasījums, piemēram, nakts laikā vēja enerģiju iespējams izmantot ūdeņraža ieguvei tālākai amonjaka ražošanai un tas nodrošina lielākus ieņēmumus nekā elektroenerģijas pārdošana.</p>	<p>3 – ierobežotas priekšrocības</p> <p>Vēja enerģija vairāk tiek izmantota viesnīcu nozarē, kuras orientējas uz ilgspējīgu domāšanu. “Zaļajās viesnīcās” tiek izmantota “zaļā” tarifa enerģija - izmanto elektrību no elektrotīkla, kas iegūta no atjaunojamiem resursiem, kas bieži vien ir arī vēja enerģija. Vēja enerģijas izmantošanu ietekmē pozitīvais vai negatīvais cilvēka faktors.</p>	<p>3 – ierobežotas priekšrocības, 4 – ja tiek izmantota kombinētā enerģijas ražošana, kas sedz vēja enerģijas deficītu</p> <p>Vēja enerģijas izmantošana ir efektīvs elektroenerģijas ieguves veids, vēja enerģijai papildus tiek izmantoti citi enerģijas avoti, kas līdzsvaro un nodrošina stabilu enerģijas ieguvī vēja pārtraukumu gadījumos. Nereti kā papildus elektroenerģijas avots tiek izmantoti saules enerģijas PV paneļi vai biomasas.</p> <p>Piemērs: <i>Pētījumā novērtēts, ka kombinētā sistēma ar uzstādīto jaudu 1,5 MW, kur kā enerģijas avots tiek izmantota gan vēja enerģija, gan arī biomasas, ir spējīga darboties bez ierobežojumiem un iegūto elektrību iespējams pārvadīt centralizētajos tīklos.</i></p> <p>Vēja enerģiju iespējams izmantot arī kā enerģijas avotu ūdens sūkņēšanas sistēmās, kā arī kā enerģijas avotu augsnei elektroķīmiskai attīrīšanai.</p>	<p>4 – otras lielākās priekšrocības</p> <p>Tiek izmantotas hibrīdās vēja enerģijas sistēmas, piemēram, kombinētās vēja un PV paneļu sistēmas, kurām novērtēta augstāka efektivitāte un kas spēj kompensēt otra enerģijas avota enerģijas iztrūkumus un rada lielāku stabilitāti atjaunojamās enerģijas ražošanā.</p> <p>Pareiza vēja un saules fotoelementu (PV) sistēmu kombinācija var radīt optimālas konfigurācijas, kas palielina ikgadējo enerģijas ražošanu. Hibrīdās sistēmas novērtētas arī kā ekonomiski izdevīgākas.</p> <p>Hibrīdsistēmas var tikt integrētas ar enerģijas uzglabāšanas tehnoloģijām, nodrošinot enerģijas rezerves.</p> <p>Iespējams izmantot mazas jaudas mikroģenerācijas vēja turbīnas, lai mājsaimniecības līmenī nodrošinātu elektroenerģiju.</p>	<p>4 – otras lielākās priekšrocības, nākotnē – 5</p> <p>Saspiestais un uzglabātais ūdeņradis, kas saražots izmantojot vēja enerģiju var tikt izmantots kā degviela transporta sektorā samazinot fosilā kurināmā importu un vienlaikus samazinot arī siltumnīcefekta gāzu emisiju līmeni.</p> <p>Piemērs: <i>Pētījumos novērtēts, ka Zviedrijā fosilās degvielas patēriņu un attiecīgi CO₂ emisiju daudzumu iespējams samazināt pat līdz 50% izmantojot 530 kilotonnas ūdeņradi, kas ir 2% no kopējā saražotā ūdeņraža apjoma, kas iegūts kā enerģijas avotu izmantojot vēja enerģiju.</i></p> <p>Vācijā kā viens no iespējamiem risinājumiem vēja enerģijas pārpalikumu samazināšanai un SEG emisiju mazināšanai transporta sektorā novērtēts uzglabātās un saspiestās ūdeņraža gāzes izmantošana fosilā kurināmā vietās.</p>
--	-----------------------------	--	---	--	--	---

						<p>Piemērs: <i>Saskaņā ar Vācijas pētījuma rezultātiem tehniskais vēja - ūdeņraža potenciāls elektroenerģijas ražošanai bija 780 TWh gadā, potenciāli aizstājot 80,1% no fosilā kurināmā apjoma, kas šobrīd tiek izmantots transporta sektorā.</i></p> <p>Saražotais ūdeņradis var tikt izmantots ne tikai transporta sektorā, bet arī tas var tikt pārvadīts tīklā nodrošinot elektroenerģiju, apkuri vietējām vai no pilsētām attālākām apdzīvotām vietām.</p> <p>Ar vēja enerģiju saražotais ūdeņradis kā enerģijas nesējs var tikt izmantots, lai kompensētu vēja enerģijas pārtraukumus.</p> <p>Saražotais ūdeņradis darbojas kā enerģijas nesējs un tā izmantošanas priekšrocības saistāmas arī ar enerģijas piegādes drošību, enerģijas nodrošināšanas iespējām lauku reģionos.</p> <p>Izmantojot vēja enerģiju saražotā ūdeņraža</p>
--	--	--	--	--	--	--

						<p>izmantošanas priekšrocības saistās arī ar ekonomiskajiem ieguvumiem.</p> <p>Piemērs: <i>Amerikas Savienotajās Valstīs aprēķināts, ka aizstājot benzīna degvielu ar atjaunojamo ūdeņraža degvielu gada laikā kopumā ir iespējams ietaupīt 4249 miljonus ASV dolāru, pamatojoties uz benzīna degvielas cenu 2930 ASV dolāri.</i></p>
	Hidro-enerģija	3 – ierobežotas priekšrocības Pārsvarā procesiem nepieciešamais enerģijas daudzums tiek nodrošināts izmantojot liela mēroga hidroelektrostacijas, kas spēj nodrošināt procesiem nepieciešamās jaudas.	3 – ierobežotas priekšrocības Pārsvarā tiek izmantota enerģija no lielajām hidroelektrostacijām.	3 – ierobežotas priekšrocības Hidroenerģijas izmantošanas iespējas ierobežo ģeogrāfiskā atrašanās vieta un ūdens resursu pieejamība, cilvēku attieksme pret hidroelektrostacijām un to radīto ietekmi uz vidi.	3 – ierobežotas priekšrocības pilsētā, ārpus pilsētām – 4 <i>Pico</i> hidroenerģijas iekārtas novērtētas kā tirgū labākā opcija ar lētāko cenu. PHP sistēmas tiek izmantotas, lai nodrošinātu elektroenerģiju lauku apvidos un kalnainos reģionos. Izmantojot PHP hidroenerģijas iekārtas iespējas nodrošināt lauku kopienas ar aptuveni 30 mājsaimniecībām.	3 – ierobežotas priekšrocības, nākotnē varētu būt 4 Līdzīgi kā ar vēju saražoto elektroenerģiju arī hidroelektrostacijās saražoto elektroenerģiju iespējams izmantot elektrolītiskā ūdeņraža ražošanā. Piemērs: <i>Veiktajā pētījumā tika novērtēts, ka, lai saražotu pietiekami daudz elektrolītiskā ūdeņraža, lai pilsētā Foz de Iguazu nodrošinātu publiskā transporta darbību nepieciešams 1,5% līdz 8,5% no saražotās enerģijas pārpalikuma daudzuma</i>

					<p>PHP iekārtu priekšrocības saistās ar lētu to uzturēšanu, vieglu uzstādīšanu.</p> <p>Daudzas mājsaimniecības ar zemiem ienākumiem visā pasaulē izvēlas PHP iekārtas kā atbilstošāku un drošāku risinājumu salīdzinājumā ar vēja enerģiju vai saules PV paneļiem.</p>	<p><i>Nepālā novērtēts, ka viens no galvenajiem instrumentiem kādā veidā transporta sektorā būtu iespējams palielināt un veicināt vietējo hidroenerģijas resursu ilgtspējīgu izmantošanu ir transporta elektrifikācijas politika līdz 2050.gadam. palielinot ar hidroenerģiju saražotās elektroenerģijas jaudu līdz 495 MW.</i></p> <p>Apskatītajā literatūrā informācija par hidroenerģijas izmantošanas iespējām transporta sektorā ir ierobežota.</p>
Biomasa (t.sk.bio metāns)	<p>4 – otras lielākās priekšrocības izmantojot biomasu iespējams nodrošināt rūpniecības procesiem nepieciešamo temperatūras diapazonu. Biomasu nelimitē enerģijas izstrūkumi un enerģijas ieguvei no biomasas iespējams nodrošināt vienlīdzīgi visu gadu.</p>	<p>3 – ierobežotas priekšrocības vai nākotnē – 4</p> <p>No ēdināšanas sektora tiek savākti virtuves atkritumi un veikta to apstrāde tālākai biogāzes iegūšanai. Tiek samazināts izmesto un neapstrādāto atkritumu apjoms. Koģenerācijas tehnoloģijas, kas balstītas uz cieto biomasu novērtētas kā izdevīgas iespējas gadījumos, kad ir nepieciešams nodrošināt procesus, kuriem vajadzīgs liels</p>	<p>5 – lielākās priekšrocības arī nākotnē, ja vairāk enerģijas ieguvei tiks izmantoti lauksaimniecības atlikumi</p> <p>Biomasu iespējams pārveidot ķīmiskos produktos, lai iegūtu elektrību, siltumu un degvielu.</p> <p>Lauksaimniecības atlikumi, piemēram, labības salmi, rīsu miziņa, dzīvnieku kūtsmēsli, tiek ražoti dažādos lauksaimniecības posmos, un</p>	<p>3 – ierobežotas priekšrocības pilsētā, 4 – otras lielākās priekšrocības, ja kā enerģijas resurss tiek izmantoti biomasas atlikumi</p> <p>Izmantojot biomasu iespējams iegūt gan elektroenerģiju, gan arī siltumenerģiju izejvielas caur termisko apstrādi pārveidojot kokoglēs vai gāzē.</p>	<p>5 – lielākās priekšrocības arī nākotnē, ja vairāk enerģijas ieguvei tiks izmantoti lauksaimniecības atlikumi</p> <p>Plašas izmantošanas iespējas visās piecās resursu kategorijas, aizvien biežāk kā izejvielas augsta metāna satura biometānam tiek izmantoti lauksaimniecības atlikumi.</p> <p>Biodegvielas ieguvei tiek izmantota dažādu veidu biomasa - dažādu sektoru</p>	

		<p>Plašas biomasas vai tās atlikumu ieguves iespējas. Cietu biomasu enerģijas ieguvei iespējams iegūt no organisko atlieku atlikumiem, kas iegūti no mežiem un neapstrādātas zemes, enerģijas kultūrām, rūpniecībā radītajiem organiskajiem atkritumiem un atlikumiem, lauksaimniecībā un mežsaimniecībā radītajiem atkritumiem un izejvielu vai saražoto produktu organiskajiem atlikumiem, sadzīves atkritumiem.</p> <p>Iespējams izmantot gan neapstrādātu biomasu gan termiski apstrādātu biomasu. Termiski apstrādātai biomasai ir lielāks enerģijas blīvums salīdzinot ar neapstrādātu biomasu.</p> <p>Cieto biomasu iespējams izmantot gan bez termiskās pārveides, gan arī termiski pārveidotu biomasu. Termiski</p>	<p>enerģijas daudzums piemēram siltumenerģijas nodrošināšanai iekštelu peldbaseinos.</p>	<p>tos var izmantot enerģijas ražošanas procesos un atlikumu izmantošana nekonkurē ar pārtikas ražošanu kā tas ir cietas biomasas gadījumā (13.lp).</p> <p>Lauksaimniecības atlikumu izmantošana enerģijas ieguvei kā efektīva novērtēta īpaši lauku reģionos, kur arī šis resurss tiek radīts.</p> <p>Novērtēts, ka enerģijas ieguvei izmantojot lauksaimniecībā radītos atlikumus var tikt uzlabota kopējā CO₂ bilance.</p> <p>Lauksaimniecības atlikumu izmantošanai ir potenciāls radīt ilgtspējīgu enerģiju, ja tiek veikta atbilstoša biomasas pārveide, tomēr biomasu iespējams izmantot arī neapstrādātā veidā.</p> <p>No lauksaimniecības vai mežsaimniecības biomasas atlikumiem iespējams iegūt sintēzes gāzi.</p>	<p>Aizvietojot fosilā kurināmā katlus ar biomasas katliem, tiek panākts būtisks fosilo resursu un CO₂ izmešu samazinājums.</p> <p>Piemērs: <i>Pētījumā tika novērtēts, ka veicot katlu nomaiņu no mazuta pārejot uz biomasas resursiem neatjaunojamo enerģijas resursu īpatsvars samazinājās par 92,28%, un CO₂ izmešu samazinājās par 93,78%.</i></p> <p>Biomasas efektivitāti iespējams palielināt izmantojot termiskās un cita veida pārveides metodes – pirolīzi, līdzsadedzināšanu vai tādas bioloģiskās metodes kā gazifikāciju, anaerobo digestāciju.</p> <p>Biomasas efektivitāti iespējams palielināt izmantojot koģenerāciju efektivitāti palielinot līdz pat 85%.</p>	<p>atlikumi, atkritumi, aļģes ar mērķi iegūt tādu degvielu, ko iespējams sadedzināt ar augstāku tīrības pakāpi un bez sajaukšanas ierobežojumiem.</p> <p>Gāze ar metāna saturu 97% (biometāns) ir vienīgā biodegviela, kurai piemīt labākas īpašības nekā fosilam kurināmajam un kas var samazināt atkarību no fosiliem enerģijas avotiem.</p> <p>Saskaņā ar aplūkotajiem pētījumiem biometāna izmantošana transporta sektorā sniedz būtisku izmaksu ietaupījumus. Izmantojot elektrometānu iegūtais ietaupījums ir mazāks.</p> <p>Biometānu iespējams izmantot arī komerciālajos transportlīdzekļos, autobusos, kā arī atsevišķās lielas jaudas kravas automašīnās.</p> <p>Izejvielu iepriekšējas apstrādes posma iekļaušana var palielināt lignocelulozes biomasas</p>
--	--	---	--	--	--	---

		<p>apstrādātai biomasai ir augstāka efektivitāte.</p> <p>Plašas biomasas kā enerģijas avota izmantošanas iespējas</p> <p>Biomasa tiek izmantota ķīmisko vielu atgūšanai un tvaika ražošanai procesu nodrošināšanai.</p> <p>Novērtēts, ka fosilos enerģijas resursus, kas tiek izmantoti cementa ražošanas procesos ir iespējams aizstāt ar biomasu. Augstā temperatūra cementa krāsnīs biomasas atlikumu padara par piemērotiem sadedzināšanai enerģijas ieguvei.</p> <p>Biomasa tiek izmantota arī biodeģvielas un elektroenerģijas ražošanā, pēdējos gados aizvien vairāk arī kā izejviela ķīmiskajā rūpniecībā, ar biomasu iespējams aizstāt fosilo kurināmo.</p> <p>Liels izmantošanas potenciāls novērtēts</p>		<p>Izpētīts, ka biomasas atlikumus iespējams pārveidot sintēzes gāzē, lai iegūtu elektroenerģiju vai siltumenerģiju vai ķīmiskās vielas.</p> <p>No biomasas un tās atlikumiem vēl bez sintēzes gāzes spējams iegūt arī biogāzi, ūdeņradi, biometānu, bioetanolu un biodīzeli.</p> <p>Biogāzi bagātinot ar lauksaimniecības atlikumiem un atkritumiem iespējams iegūt gāzi, kas atbilst biometāna kvalitātei.</p> <p>Biogāzes bagātināšana izmantojot lauksaimniecības atlikumus un bagātināšanas rezultātā iespējams iegūt biogāzes kvalitāti, kas atbilst biometānam.</p> <p>Enerģijas uzglabāšanas iespējas lauksaimniecības atkritumus pārveidojot biooglēs izmantojot berzes pirolīzi.</p> <p>Pēdējos gados aizvien vairāk tiek izmantotas metodes termiskai biomasas apstrādei. Viena no plašāk</p>	<p>efektivitāti tālākai pārstrādei biogāzē. Ar dažādām tehnoloģijām iespējams uzlabot biogāzes kvalitātes rādītājus, lai iegūtu biodeģvielu, kas sastāv no 95–99% metāna un 1–3% CO₂.</p>
--	--	---	--	--	--

		<p>apdedzinātas biomasas izmantošanai. Piemērs: <i>Pētījumā tika novērtētas dedzinātas biomasas izmantošanas iespējas tērauda rūpniecībā Somijā, kur gadā tiek saražoti aptuveni 92 PJ tērauda. Rezultāti parādījās, ka pulverizētas ogles pilnībā iespējami aizstāt ar kokoglēm.</i></p>		<p>izmantojamām novērtēta berzes pirolīze lauksaimniecības atlikumus termiski pārveidojot biooglēs. Tehnoloģija paredz, ka elektrību, kas iegūta no atjaunojamiem enerģijas avotiem, kur kā izejviela izmantoti lauksaimniecības atlikumi ir iespējams izmantot biomasas pārveidošanai biooglēs. Pārveidojot lauksaimniecības atlikumus (piemēram, kukurūzas atlikumus) biodegvielā, izmantojot berzes pirolīzi, iegūto lieko enerģiju var izmantot, lai izejvielas pārvērstu augsta oglekļa satura produktos. Biomasa tiek izmantota hibrīdajās sistēmās, kā efektīvs risinājums, lai kompensētu vēja un saules enerģijas pārtraukumus.</p>		
Ģeotermālā enerģija	3 vai 4, ja attīsta plašākas lietojuma iespējas dažādās nozarēs iespējams samazināt izmaksas, nodrošināt ražošanas procesus, kam	4 – otras lielākās priekšrocības Plaši tiek izmantota tūrismā un rekreācijā, ģeotermālās enerģijas izmantošanai nav	3 – ierobežotas izmantošanas iespējas Ģeotermālo enerģiju lauksaimniecības sektorā iespējams izmantot akvakultūrā, lai audzētavās	4 – otras lielākās priekšrocības Neprasa atjaunošanās laiku, kāds vajadzīgs fosilajam kurināmajam (piemēram, akmeņoglēm, eļļai un gāzei).		

		<p>nepieciešami lielas slodzes apstākļos. Izmantojot ģeotermālās enerģijas avotus iespējams samazināt enerģijas izmaksas t.sk. daļu no kopējām ražošanas izmaksām, kā arī nodrošināt enerģijas piegādi vienā vietā un veikt ražošanas procesus lielas slodzes apstākļos.</p> <p>Iespējams izmantot rūpniecisko procesu siltuma saglabāšanai un atkārtotai izmantošanai. No rūpniecības jomām ģeotermālo enerģiju visvairāk šobrīd tiek izmantoto lauksaimniecības nozarē un vīna darītavās.</p> <p>Zemas entalpijas ģeotermālā enerģiju iespējams izmantot arī vīna ražošanas procesos – vīnogu dzesēšana, fermentācijas dzesēšanas procesos.</p> <p>Lai nodrošinātu lielāku uzkrātās enerģijas efektivitāti iespējams</p>	<p>nepieciešamas lielas investīcijas.</p>	<p>nodrošinātu foreļu augšanai nepieciešamos temperatūras apstākļus.</p>	<p>Nodrošina gan elektroenerģiju, apkuri un dzesēšanu mājsaimniecībās.</p> <p>Enerģijas taupīšanas potenciāls - aizstājot tiešo elektrisko apkuri ar siltumsūkņiem tiek samazināts nepieciešamais pievadītās enerģijas apjoms.</p> <p>Elektroenerģijas ražošana dažādās konfigurācijās, tieša siltuma pielietošana rūpniecībā un mājsaimniecībā neatkarīgi no meteoroloģiskajiem apstākļiem.</p> <p>Siltumsūkņu klimata pārmaiņu mazināšanas potenciāls palielinās, ja tos izmanto kombinācijā ar citiem AER veidiem. Piemēram, saules PV un saules siltumenerģiju.</p>	
--	--	---	---	---	---	--

	<p>izmantot kombinētajās sistēmās, samazina citu atjaunojamo enerģijas avotu (piemēram, saules vai vēja enerģija) iztrūkumus</p> <p>Seklas (100-200 metru dziļumā) ģeotermālās enerģijas sistēmas tiek integrētas kombinētajās saules siltumenerģijas sistēmās, kas tiek izmantota saules enerģijas pārtraukumu gadījumos.</p>				
--	--	--	--	--	--

3. Kuriem AER lietojumam kādā no sektoriem ir ierobežojumi un specifiski trūkumi?

- 5 – vismazāk trūkumi vai nav novērojami trūkumi;
- 4 – gandrīz vismazāk trūkumi;
- 3 – ir kādi apsverami trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu;
- 2 – nopietni trūkumi, kas pagaidām ierobežo resursa izmantošanu;
- 1 – visvairāk trūkumu un ierobežojumu AER izmantošanai.

Tabula 2.33

Kuriem AER lietojumam kādā no sektoriem ir ierobežojumi un specifiski trūkumi un kāpēc?						
Nr.	Energoresurss	Rūpniecības sektors	Pakalpojumu sektors	Lauksaimniecības sektors	Mājsaimniecības sektors	Transporta sektors
1	Saules enerģija	<p>4 – gandrīz vismazāk trūkumu</p> <p>Saules enerģijas iztrūkumi gada aukstā perioda mēnešos, resurss jāizmanto ar citiem enerģijas avotiem - kombinētā enerģijas ieguve.</p>	<p>4 – gandrīz vismazāk trūkumu</p> <p>Tūkumi saistās ar saules enerģijas iztrūkumiem, ko var kompensēt kombinētās sistēmas vai siltumsūkņi, akumulācijas tvertnes, kas nodrošina enerģiju nepietiekoša saules starojuma gadījumos, pakalpojumu sektorā atšķirībā no lauksaimniecības izmanto mazāk biomasu t.sk. biomasas atlikumus, vēja enerģiju, arī hidroenerģiju un pietiekami neizmantojot kombinētās sistēmas mazākas iespējas nosegt pamata AER iztrūkumus aukstā gada periodos. Kā vienīgo mīnusu var minēt saules enerģijas iztrūkumu gada aukstā perioda mēnešos, līdz ar to jāizmanto ar citiem enerģijas avotiem kombinētā enerģijas ieguve, piemēram,</p>	<p>5 – vismazāk trūkumu, ko iespējams kompensēt</p> <p>Saules enerģijas ieguves trūkumi saistīti ar enerģijas pārtraukumiem, ko ietekmē laikapstākļi, kā arī saistībā ar saules paneļu pārveidošanas efektivitāti. Saules enerģijas iztrūkumi gada aukstā perioda mēnešos tiek kompensēti izmantojot kombinētās atjaunojamo enerģijas avotu sistēmas – kombinētā enerģijas ieguve papildus ar citiem enerģijas avotiem. izmantojot viedās sistēmas un monitoringu iespējams novērst saules enerģijas iztrūkumus, jo saules enerģija tiek izmantota brīdī, kad tā tiek saražota. Lielākais žāvēšanas sistēmu trūkums, kur kā enerģijas avots tiek izmantotas saules enerģijas tehnoloģijas saistās</p>	<p>4 – gandrīz vismazāk trūkumu</p> <p>Saules enerģijas izmantošanas trūkumi saistās ar to, ka nepietiekama saules starojuma apstākļos jānodrošina kāds papildus enerģijas avots – izmantojot hibrīdās sistēmas vai arī izmantojot rezerves no enerģijas uzkrāšanas sistēmām. Saules enerģijas tehnoloģijas efektīvāk uzstādīt ēku konstrukciju projektēšanas fāzē nevis jau esošajām konstrukcijām.</p>	<p>5 – vismazāk trūkumi, ko iespējams kompensēt</p> <p>Trūkumi saistās ar saules enerģijas pārtraukumiem, ko iespējams kompensēt uzstādot papildus citu enerģijas avotu – hibrīdās sistēmas.</p>

			<p>pakalpojumu sektorā plaši tiek izmantota ģeotermālā enerģija. Cilvēka faktors - uz zemes novietoti paneļi salīdzinājumā ar citiem atjaunojamās enerģijas avotiem, no patērētāja puses novērtēti kā vismazāk vēlamī.</p>	<p>ar produkcijas kvalitātes pazemināšanos saules enerģijas pārtraukumu gadījumos. Viens no risinājumiem enerģijas pārtraukumu novēršanai un stabilas enerģijas nodrošināšanai ir hibrīdās sistēmas un enerģijas uzkrāšanas sistēmas, kas var palielināt attiecīgās gala produkcijas kvalitāti. Lauksaimniecībā apūdeņošanas sistēmas darbības efektivitāte lielā mēra atkarīga un to ietekmē ģeogrāfiskā atrašanās vieta, ūdens kā resursa pieejamība, kā arī lietotāju paradumi.</p>		
2	Vēja enerģija	<p>3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu Vēja enerģijas pārtraukumi. Neskatoties uz to vēja enerģijas faktisko un potenciālo izmantošanu vēja enerģijas lietojuma iespējas ietekmē tās periodiskais raksturs un vēja enerģijas</p>	<p>3 – trūkumi, kas ierobežot enerģijas avota izmantošanu Vēja enerģijas izmantošanas ierobežojumi saistās ar cilvēku faktoru un nevēlēšanos, ka tuvumā atrodas vēja turbīnas. Pakalpojumu sektorā vēja izmantošana tiek saistīta arī ar negatīvu ietekmi uz tūrisma attīstību.</p>	<p>3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu, nākotnē – 4 Ja tiks izmantotas kombinētās sistēmas, mainīta cilvēku attieksme par vēja ģeneratoru ietekmi uz vidi un ainavu Vēja izmantošanas iespējas lielā mērā ietekmē vietējās kopienas un kooperatīvi.</p>	<p>3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu, nākotnē iespējams – 4 Trūkumus iespējams kompensēt izmantojot kombinētās sistēmas, izmantojot saules PV paneļu un vēja enerģijas sistēmas viens enerģijas</p>	<p>3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu, nākotnē – 4 Vēja enerģijas izmantošanas trūkumi saistās ar vēja enerģijas periodiskumu, tomēr neskatoties uz to vēja enerģijas</p>

		<p>pārtraukumi bezvēja vai neliela vēja periodos.</p> <p>Vēja enerģiju rūpniecības procesu nodrošināšanai, kas prasa lielu enerģijas patēriņu, iespējams izmantot, ja tiek izmantotas kombinētās sistēmas un papildus tiek izmantots vēl kāds enerģijas avots, piemēram, biomasas, kuras izmantošanu nelimitē laikapstākļi vai arī papildus tiek izmantotas enerģijas uzkrāšanas sistēmas.</p>	<p>Vēja enerģijas pārtraukumi bezvēja vai nepietiekoša vēja periodos.</p>	<p>Vēja enerģijas pārtraukumi bezvēja vai nepietiekoša vēja ātruma periodos līdz ar to, lai nodrošinātu stabilu elektroenerģijas ieguvu papildus jāizmanto citi atjaunojamās enerģijas avoti – kombinētās sistēmas. Nereti, lauksaimniecības sektorā vēja enerģijai papildus tiek izmantoti saules PV paneļi vai biomasas resursi.</p>	<p>avots kompensē otra iztrūkumus nepietiekamas enerģijas periodos.</p>	<p>izmantošanas potenciāls novērtēts kā augsts ūdeņraža ražošanai.</p> <p>Vēja - ūdeņraža enerģijas potenciālu ietekmē izmantotās vēja turbīnas jauda, rumbas augstums un protonu apmaiņas membrānas elektrolizatora efektivitāte.</p> <p>Viens no efektīvākajiem risinājumiem stabilas slodzes nodrošināšanai ir izmantot bibrīdās enerģijas sistēmas papildus vēja enerģijai izmantojot vēl kādu enerģijas avotu elektroenerģijas ieguvei un ar šādu risinājumu iespējams nodrošināt stabilu elektroenerģijas piegādi pieslēgtā tīklā un arī ārpus tīkla.</p>
--	--	--	---	--	---	---

						Vēl resursa izmantošanas trūkumi saistās ar resursu pieejamību ģeogrāfiskā novietojuma dēļ, tāpat klimatisko un reģionālo atšķirību dēļ.
3	Hidroenerģija	3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu, 4 – atkarībā no konkrētas valsts un resursa pieejamības Elastība un spēja kompensēt vēja enerģiju tās mainības un pārtraukumu gadījumos.	3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu Hidroenerģijas izmantošanu ietekmē ūdens resursu pieejamība, cilvēku uzskati par hidroelektrostaciju nelabvēlīgo ietekmi uz vidi un ainavu.	3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu Informācijas trūkums par hidroenerģijas izmantošanas iespējām lauksaimniecības sektorā, citi enerģijas avoti tiek izmantoti intensīvāk. Atkarīgs no ģeogrāfiskā novietojuma un resursu pieejamības konkrētajā reģionā.	3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu, ārpus pilsētām mājsaimniecībās – 4 Lielās hidroelektrostacijas rada nelabvēlīgu ietekmi uz vidi un nepieciešami lieli ieguldījumi. Maza mēroga PHP piemērotas izmantošanai lauku reģionos vai kalnainos apvidos. Piemērotas individuālajām mājsaimniecībām, lai ģenerētu maksimālo elektroenerģijas jaudu līdz 5 kW. Izmantošanu ietekmē ūdens resursu pieejamība. PHP lekārtas var tikt sabojātas un aizskalotas plūdos, tāpat arī tās ir viegli	3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu Ierobežojumi saistās ar ūdens resursu pieejamību. Apskatītajā zinātniskajā literatūrā nav norādītas plašas izmantošanas iespējas transporta sektorā.

					pārvietojamas līdz ar to pastāv zādzību riski.	
4	Biomasa (t.sk. biometāns)	3 vai nākotnē pārtikas rūpniecībā – 4, ja tiks izmantoti procesos radītie atlikumi Biomasa izmantošana ir limitēta, ja vien enerģijas ieguvei netiek izmantoti lauksaimniecības atlikumi.	3 vai ēdināšanas sektorā nākotnē – 4 Biomasa izmantošanu pakalpojumu sektorā ietekmē tas, ka izņemot publisko ēdināšanas sektoru pakalpojumu nozarēs procesos neveidojas izejvielas, kas var tikt izmantotas tālākai enerģijas ieguvei. Biomasa izmantošanu kā cieto kurināmo ietekmē procesā radītās emisijas.	5 – vismazāk trūkumu Trūkumi saistās ar cietās biomasas izmantošanu lauksaimniecībā, kas saistās ar limitētu biomasu, trūkumus iespējams kompensēt, ja vairāk enerģijas ieguvei tiks izmantoti lauksaimniecībā radītie atlikumi, organiskie atkritumi. Atsevišķu lauksaimniecības atlikumu veidu mitruma saturs mērā ietekmē to enerģijas ieguves potenciālu. Ja enerģijas ieguvei tiek izvēlēti attiecīgi lauksaimniecības atlikumu veidi ar atbilstošu mitruma saturu tad iespējams iegūt augstāku enerģijas potenciālu, ja neatbilstošu – tad zemāku.	3 – trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanai, nākotnē – 4 – gandrīz vismazāk trūkumu, ja tiks izmantoti biomasas atlikumi Cietās biomasas, kā vienīgā enerģijas avota, izmantošana rada emisijas gaisā, tomēr pārejot no fosilā kurināmā uz biomasas katliem iespējams panākt ievērojamu emisiju samazinājumu. Nepietiekami tiek izmantoti biomasas atlikumi enerģijas ieguvei, lai gan tiem novērtēts liels enerģētiskais potenciāls.	5 – vismazāk trūkumu Biometāna kvalitāte atkarīga no izmantojamām izejvielām, to pirmapstrādes, kā arī biogāzes pēcapstrādes metodēm, to efektivitātes un izmaksām.
5	Ģeotermālā enerģija	4 – gandrīz vismazāk trūkumu Ģeotermālās enerģijas izmantošanas trūkumi saistās ar resursa pieejamību. Ģeotermālais resurss vairāk tiek izmantot kā papildus	4 – gandrīz vismazāk trūkumu Ģeotermālās enerģijas izmantošanas trūkumi saistās ar resursa pieejamību un atkarību no ģeogrāfiskajām un reģionālajām atšķirībām.	3 – ierobežojumi resursa izmantošanai Ģeotermālās enerģijas izmantošanas trūkumi saistās ar resursa pieejamību, kas atkarīga no ģeogrāfiskā	3 – ierobežojumi resursa izmantošanai Lai sasniegtu temperatūras palielinājumu, siltumsūkņim ir	

		avots kombinētajās sistēmās nodrošinot enerģiju saules vai vēja pārtraukumos.		novietojuma un klimatiskajām īpašībām.	<p>nepieciešama papildu jauda.</p> <p>Ģeotermālā enerģija var radīt specifiskas problēmas salīdzinājumā ar citām atjaunojamās enerģijas tehnoloģijām, piemēram, grūtības pielāgot sistēmu jau esošai mājsaimniecībai.</p> <p>Pastāv gadījumi, ka mājsaimniecībā pēc pirmās ziemas, pēc siltumsūkņa uzstādīšanas izmaksas par elektroenerģiju ir ievērojami augstākas. Var nodrošināt gan siltumapgādi gan dzesēšanu, vai tikai siltumapgādi.</p>
--	--	---	--	--	--

2.6.2. AER vērtēšanas matrica un kritēriju izvēle

Vērtējumu veido kvalitatīva informācija sektora ietvaros un iegūtā informācija par kvantitatīvie rādītājiem, kas kopā veido 1 līdz 5 punktus

- Kvalitatīvais vērtējums (no 1 līdz 5 (perspektīvākais)) – izmantojot iegūto informāciju par sasniegtajiem rezultātiem un AER izmantošanas reālajām un potenciālajām iespējām, to cik plaši katrā sektorā tiek izmantoti AER (Tabula 2.35).
- Kvantitatīvais vērtējums (1 līdz 5 (perspektīvākais)) – ieguldīto investīciju atmaksas laiks (gadi) (saules enerģijai), enerģijas ietaupījums (%), izmaksu samazinājums ieviešot AER tehnoloģijas (Eur) (Tabula 2.34).

Balstoties uz kvalitatīvajiem un kvantitatīvajiem kritērijiem tika izveidotas AER vērtēšanas matrica, kā arī veikta AER izmantošanas iespēju salīdzināšanas analīze (Tabula 2.36).

Tabula 2.34

Kritēriji, kas tiek izmantoti kvantitatīvajam vērtējumam

Kritērijs	Mērvienība
Atmaksas periods	gadi
Izmaksu ietaupījums pēc tehnoloģijas ieviešanas	Eur, %
Enerģijas ietaupījums	kWh, MWh, %

Tabula 2.35

Kritēriji, kas tiek izmantoti kvalitatīvajam vērtējumam

Kritērijs
Cilvēku vēlme izmantot AER tehnoloģijas
Nākotnes potenciāls AER tehnoloģiju izmantošanai, ņemot vērā tehnoloģiju attīstības ātrumu
Reālais šā brīža AER tehnoloģiju izmantošanas novērtējums
AER tehnoloģiju ierobežojumi un trūkumi, kā un vai tie var tikt novērsti
AER tehnoloģiju priekšrocības

Tabula 2.36

Nr.	Energo- resurss	Sektori				
		Rūpniecības sektors	Pakalpojumu sektors	Lauksaimniecības sektors	Mājsaimniecības sektors	Transporta sektors
	Saules enerģija	<p>4 vai 5 (ja tiek izmantotas kombinētās sistēmas vai enerģijas uzkrāšanas sistēmas)</p> <p>Izmanto, lai uzlabotu tirgus konkurētspēju, samazinātu enerģijas patēriņu, cenu par nepieciešamo enerģiju. Saules enerģijas tehnoloģijām ir aizvien zemākas cenas un īsāks atmaksas periods, kas palielina to izmantošanas īpatsvaru.</p>	<p>4 vai 5 (ja izmanto kombinētās sistēmas, kas sedz pīķa slodzes aukstajā gada periodā).</p> <p>Jau šobrīd perspektīvas izmantošanas faktiskās un potenciālās iespējas.</p>	<p>5</p> <p>Saules, vēja enerģijas izrūkumus var kompensēt ar biomasu t.sk. lauksaimniecības atlikumiem, viedajām tehnoloģijām, kas kompensē saules enerģijas izrūkumus enerģiju izmantojot tieši tad kad tā saražota, un viedo lauksaimniecības monitoringu.</p> <p>Aizvien plašāk lauksaimniecībā tiek izmantot lietu internets, kur lietu interneta sensora mezgla darbināšanai nepieciešamā enerģija tiek iegūta un uzkrāta no saules enerģijas PV paneļiem un tiek izmantota sensora mezgla uzlādei.</p> <p>Iegūtājai saules enerģijai ir plašas izmantošanas iespējas – to iespējams izmantot, piemēram, apūdeņošanas sistēmās, žāvēšanas procesiem, augstāku efektivitāti iespējams panākt izmantojot hibrīdās žāvēšanas sistēmas, kur apvienoti vairāki atjaunojamās enerģijas avoti, notekūdeņu attīrīšanai, augsnes</p>	<p>4</p> <p>Izmanto viedos tīklus un viedos skaitītājus, citas viedās tehnoloģijas, kur kā enerģijas avotu iespējams izmantot saules enerģiju. Saules enerģijas izmantošana veicina reģionālo un nacionālo enerģētisko neatkarību.</p> <p>Saules kolektorus iespējams integrēt dažādos ēku konstrukciju elementos.</p> <p>Aizvien pieaugošs īpatsvars ir nulles enerģijas ēkām un tā kā nereti gan kolektori gan PV paneļi tiek izmantoti pasīvajās ēkās, tad prognozējams šo tehnoloģiju izmantošanas pieaugums nākotnē.</p>	<p>4 un nākotnē 5</p> <p>Aizvien vairāk tiek izmantotas saules ceļu tehnoloģijas, kas ir būtiskas arī elektroautomašīnu īpatsvara paaugstināšanai, jo ir risinājums uzlādes staciju pieejamības problemātikai. Saules ceļu tehnoloģiju izmantošana var būt būtisks instruments veidojot decentralizētu enerģijas piegādi. Iespējams izmantot kā enerģijas avotu ūdeņraža ražošanā. Elektrolizators izmantojot saules enerģiju vada elektrolīzes procesus, kuru rezultātā tiek iegūts ūdeņradis, ko tālāk iespējams izmantot transportlīdzekļos.</p>

				<p>attīrīšanai no smagajiem metāliem un herbicīdiem. Paredzams, ka nākotnē līdz ar tehnoloģiju attīstību palielināsies saules enerģijas izmantošanas īpatsvars.</p> <p>Izmantojot hibrīdās žāvēšanas sistēmas iespējams segt saules enerģijas iztrūkumus, uzlabot žāvēšanas efektivitāti un produkta kvalitāti. Tāpat arī izmantojot siltumenerģijas uzkrāšanas sistēmas (TES) var tikt kompensēti saules enerģijas iztrūkumi neatbilstošo laikapstākļos.</p>		
	Vēja enerģija	<p>3 un nākotnē 4</p> <p>Par vēja izmantošanu rūpniecības procesos atrodams salīdzinoši mazāk informācijas avotu. Vēja enerģiju tās periodiskā rakstura dēļ izmanto kombinētās sistēmās apvienojumā ar citiem enerģijas avotiem vēja enerģijas iztrūkumu kompensēšanai. Vēja enerģiju kā enerģijas avotu iespējams izmantot specifiskiem ražošanas</p>	<p>3</p> <p>Mazāk informācijas par reālo izmantošanu šajā sektorā. Izmantošanas iespējas ietekmē cilvēka faktors un tas, ka vēja turbīnas negatīvi varētu ietekmēt</p>	<p>4</p> <p>Vēja enerģijai ir potenciāls izmantošanai lauksaimniecības procesu nodrošināšanai ar elektroenerģiju, saistībā ar vēja turbīnu uzstādīšanu nozīme ir cilvēka faktoram. Izmanto kombinēto sistēmu izveidei vēja iztrūkumu gadījumos, piemēram, apvienojumā ar biomasas atlikumiem.</p>	<p>3 un nākotnē 4</p> <p>Ikdienas vajadzībām mājāsaimniecībā elektroenerģijas ieguvei iespējams uzstādīt mazas jaudas mikroģenerācijas turbīnas, aizvien aktuālāki ir kļuvuši enerģijas neatkarības jautājumi un prognozējams, ka šādu turbīnu izmantošanas īpatsvars nākotnē palielināsies. Mikroģenerācijas turbīnas iespējams izmantot arī</p>	<p>5</p> <p>Saspiestais un uzglabātais ūdeņradis, kas saražots izmantojot vēja enerģiju var tikt izmantots kā degviela transporta sektorā samazinot fosilā kurināmā importu un vienlaikus samazinot arī siltumnīcefekta gāzu emisiju līmeni.</p>

		<p>procesiem, piemēram, amonjaka ražošanā.</p> <p>Apvienojumā ar citiem enerģijas avotiem izmantojot kombinētas sistēmas nākotnē vēja enerģijas īpatsvaram ir potenciāls pieaugt.</p>			<p>kopienu līmenī, veicot izmaksu sadali un uzstādot efektīvākas vēja turbīnas.</p> <p>Lielāku jaudu ieguvei tiek izmantotas hibrīdās, piemēram, vēja - PV vai vēja -biomasas sistēmas, kas kompensē vēja periodiskumu, hibrīdsistēma var tikt integrēta ar enerģijas uzglabāšanas tehnoloģijām, nodrošinot rezerves. Vēja enerģijas jaudu daļēji ietekmē arī ģeogrāfiskais novietojums.</p>	
	Hidro-enerģija	<p>4</p> <p>Procesiem nepieciešamajai enerģijai izmanto lielās hidroelektrostacijas.</p> <p>Hidroenerģiju līdzīgi kā pārējos enerģijas avotus var izmantot kombinētajās sistēmās, piemēram, saules un vēja enerģijas izstrūkumu segšanai.</p> <p>Hidroenerģijas priekšrocības saistāmas ar tās elastību un spēju kompensēt vēja enerģiju</p>	<p>3</p> <p>Pakalpojumu sektorā, kas pēc būtības ir publiskais sektors atrodams neliels informācijas daudzums par hidroenerģijas resursu izmantošanu, kas lielā mērā varētu būt saistāms ar cilvēka faktoru un to uzskatiem par hidroelektrostaciju nelabvēlīgo ietekmi uz vidi kā tas atrodams publikācijās.</p>	<p>4</p> <p>Hidroenerģija tiek izmantota lauksaimniecībā nepieciešamajos procesos un arī nākotnē paredzamas perspektīvas izmantošanas iespējas.</p>	<p>3 – pilsētās, 4 – ārpus pilsētām</p> <p>Izmantojot PHP mazas jaudas hidroenerģijas iekārtas iespējas nodrošināt lauku kopienas ar aptuveni 30 mājsaimniecībām. Nav piemērots pilsētas lietojumam.</p> <p>Daudzas mājsaimniecības ar zemiem ienākumiem visā pasaulē izvēlas PHP iekārtas kā drošāku risinājumu salīdzinājumā ar vēja enerģiju vai saules PV paneļiem.</p>	<p>3, nākotnē 4</p> <p>Līdzīgi kā vēja enerģiju iespējams izmantot kā enerģijas avotu atjaunojamā ūdeņraža ražošanā, kas tālāk tiek izmantots transportlīdzekļos.</p> <p>Izdevīgi vietās, kur ir plaši ūdens resursi, ūdeņraža ražošanā novērtēts kā efektīvs veids ilgtspējīgi izmantot enerģijas pārpalikumus.</p>

		tās mainības un pārtraukumu gadījumos.				Instruments elektrifikācijas politikas īstenošanā.
	Biomasa	<p>4</p> <p>Liels izmantošanas potenciāls ir pārtikas un dzērienu rūpniecības sektoram, kur pašos procesos radītos atlikumus vai atkritumus iespējams izmantot enerģijas ieguvei uzņēmumā citu procesu nodrošināšanai. Pārējās rūpniecības apakšnozarēs reālās un potenciālās izmantošanas iespējas novērtētas kā mazākas. Plašas iespējas izejvielu no biomasas ieguvei.</p>	<p>3 starp 4 (balstās uz ēdināšanas nozari)</p> <p>Vairāk izmantošanas iespēju ir ēdināšanas sektorā bioloģiski noārdāmo virtuves atkritumu apstrādei biogāzes iekārtās. Organiskie virtuves atkritumi tiek izmantoti arī biogāzes bagātināšanai ar mērķi iegūt biometānu, ko pēc tam iespējams izmantot transportlīdzekļos. Ēdināšanas sektorā radīto atkritumu apstrādei ir liels potenciāls enerģijas iegūšanai, tomēr pārējās pakalpojumu nozarēs nav atrodams pietiekams informācijas apjoms, lai sniegtu vērtējumu.</p> <p>Koģenerācijas tehnoloģijas, kūrās tiek izmantota cietā biomasa novērtētas kā izdevīgas procesos, kuriem nepieciešams liels enerģijas</p>	<p>5</p> <p>Lauksaimniecības atlikumi apvienojumā ar kūtsmēsliem, plašas biometāna iegūšanas iespējas. Biomasa un tās atlikumi lauksaimniecības sektora novērtēti kā viens no dominējošajiem atjaunojamās enerģijas avotiem ar vēl lielākām perspektīvām nākotnē. Izmantojot biomasas atlikumus vai atkritumus iespējams kompensēt citu enerģijas avotu iztrūkumus, piemēram, saules vai vēja.</p>	<p>3 un nākotnē 4, ja tiks izmantoti biomasas atlikumi</p> <p>Cietās biomasas izmantošana mājāsaimniecībā saistās ar emisijām no izmantotā kurināmā. Biomasas izmantošanas priekšrocības saistās ar to, ka biomasas izmantošanu neietekmē laikapstākļi un tā var tikt vienlīdzīgi nodrošināta visu gadu, tās uzglabāšana ir vienkārša un no biomasas atlikumiem iespējams iegūt konkurētspējīgu enerģiju īpaši izmantojot koģenerācijas tipa granulu sadedzināšanas iekārtas privātajās mājāsaimniecībās. Neskatoties uz to prognozēts, ka nākamajās trīs desmitgadēs līdz 2040. – 2045. gadam biomasa tiks atzīta par viskonkurētspējīgāko</p>	<p>5</p> <p>Plašas izmantošanas iespējas visās piecās resursu kategorijās, aizvien biežāk kā izejvielas augsta metāna satura biometānam tiek izmantoti lauksaimniecības atlikumi. Biometānu iespējams izmantot arī komerciālajos transportlīdzekļos, autobusos, kā arī atsevišķās lielas jaudas kravas automašīnās.</p>

			apjoms, piemēram, iekštelpu peldbaseinos.		enerģijas avotu mājsaimniecības sektorā.	
Ģeotermālā enerģija	3 un nākotnē 4 Izmantojot ģeotermālās enerģijas avotus iespējams samazināt enerģijas izmaksas, nodrošināt enerģijas piegādi vienā vietā un veikt ražošanas procesus lielas slodzes apstākļos. Ģeotermālās enerģijai ir plašas lietojuma iespējas. Novērtēts, ka vidējās entalpijas ģeotermālajai enerģijai ir liels potenciāls kā centrālās apkures un dzesēšanas avotam un ģeotermālās enerģijas izmantošanas īpatsvars nākotnē pieaugs.	4 Plašas izmantošanas iespējas atsevišķās valstīs, kur pieejama zemes siltumenerģija, nav nepieciešamas lielas investīcijas. Iespējams izmantot siltumsūkņus Šobrīd vairāk izmanto tūrismā un rekreācijā. Plašas izmantošanas iespējas ar potenciālu arī nākotnē, bet atkarīgs no resursu pieejamības	3 Publikācijās atrodams neliels informācijas daudzums par ģeotermālo izmantošanas iespējām tieši lauksaimniecības sektorā. Pētījumos atrodama informācija, ka ģeotermālo enerģiju lauksaimniecības sektorā iespējams izmantot akvakultūrā, lai audzētavās nodrošinātu foreļu augšanai nepieciešamos temperatūras apstākļus.	3, nākotnē varētu būt 4 Mājsaimniecībās aizvien kā siltumenerģijas avoti tiek izmantoti ģeotermālie siltumsūkņi, tomēr ar to darbību reizēm saistās specifiskām problēmām. Viena no tām ir grūtības pielāgot sistēmu jau esošai mājsaimniecībai. Aizstājot tiešo elektrisko apkuri ar siltumsūkņiem tiek samazināts nepieciešamais pievadītās enerģijas apjoms. Viena no priekšrocībām ir tieša siltuma pielietošana mājsaimniecībās neatkarīgi no meteoroloģiskajiem apstākļiem.	3 Izmantošana lielā mērā atkarīga no ģeogrāfiskās atrašanās vietas, kas nosaka ģeotermālo resursu pieejamību. Labvēlīgas izmantošanas iespējas, piemēram, Islandē.	

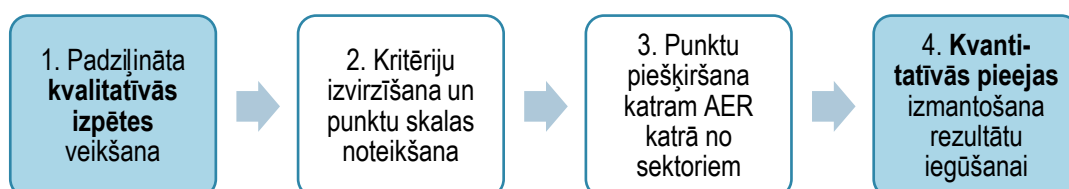
2.6.3. Atjaunojamo enerģijas avotu ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums būtiskākajos tautsaimniecības sektoros

Šīs nodaļas ietvaros tiek veikta AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums starp pētījumā analizētajiem sektoriem – rūpniecība, pakalpojumi, lauksaimniecība, transports un mājsaimniecības. Veiktās analīzes mērķis ir noskaidrot, kurš no AER veidiem ir nosacīti perspektīvākais un ilgtspējīgākais katrā sektorā un kas ir tie apstākļi, kas to nosaka.

Nodaļas saturs tiek strukturēts sekojoši. Sākumā tiek izklāstīta pielietotā metodoloģiskā pieeja analīzes veikšanai un izpētes rezultātu iegūšanai. Pēcāk tiek demonstrēti iegūtie rezultāti katrā no sektoriem, aprakstot būtiskākos rezultātu ietekmējošos faktoros.

2.6.3.1. Metodoloģiskā ietvara apraksts

Analīze iekļauj daudzpusīgas metodoloģiskās pieejas izmantošanu, kas ietver *kvalitatīvās un kvantitatīvās metodes pielietošanu* un apvienošanu, lai iegūtu pēc iespējas visaptverošākus un objektīvākus rezultātus. Att. 2.48 tiek ilustrēti metodoloģiskā ietvara būtiskākie soļi.



Att. 2.48. analīzes veikšanas soļi hronoloģiskā secībā

Sākotnēji tiek veikta detalizēta kvalitatīvā analīze, balstoties uz literatūru, iepriekš veiktām padziļinātām izpētēm, pētījumiem, ziņojumiem un pieejamajiem informācijas avotiem par AER izmantošanu, attīstības tendencēm un specifiku katrā no apskatītajiem sektoriem. Pilnvērtības analīzes veikšanai tika izvirzīti trīs būtiskākie kritēriji un aspekti, kas tika attiecīgi sīkāk apskatīti atsevišķi katram no resursiem salīdzinājumā ar apskatītajiem sektoriem. Šie kritēriji ir sekojoši – *AER tehnoloģiju attīstības tendences, AER lietojuma priekšrocības, AER ierobežojumi un specifiski trūkumi.*

Katram no izvirzītajiem kritērijiem tika izvirzīta punktu skala no 1 līdz 5, kur 1 ir zemākais vērtējums, savukārt 5 – augstākais. Punkti tiek piešķirti katram AER un katram sektoram atbilstoši secinājumiem, kas tika gūti kvalitatīvās analīzes rezultātā. Tabulā 2.37. apkopoti kvalitatīvās analīzes ietvertie un apskatītie kritēriji, atbilstoši norādot arī izvirzīto punktu skalas ar paskaidrojumu.

Tabula 2.37

AER ilgtspējīgas attīstības analīzes kategorijas un vērtēšanas metodika

Kritērija nosaukums	Apskatītais jautājums	Punktu iedalījums
Attīstība	Vai kādam AER kādā no sektoriem notiek straujāka tehnoloģiju attīstība?	5 – straujākā attīstība 4 – otra straujākā attīstība, ir ierobežojošie faktori 3 – lēnāk/ierobežojoša attīstība 2 – lēna attīstība 1 – nav vērojama attīstība
Priekšrocības	Kuram AER resursam ir	5 – perspektīvākā 4 – otra perspektīvākā

	lielākās lietojuma priekšrocības?	3 – mazāk perspektīva, ir kāds nopietns ierobežojošais faktors 2 – vēl mazāk perspektīva, vairāki ierobežojošie faktori 1 – vismazāk perspektīva vai nav perspektīva
ierobežojumi	Kuriem AER lietojums kādā no sektoriem ir ierobežojumi un specifiski trūkumi	5 – vismazāk trūkumi vai nav novērojami trūkumi 4 – gandrīz vismazāk trūkumi 3 – ir kādi apsverami trūkumi, kas ierobežo enerģijas avota izmantošanu 2 – nopietni trūkumi, kas pagaidām ierobežo resursa izmantošanu 1 – visvairāk trūkumu un ierobežojumu AER izmantošanai

Piešķirtie punkti tika apkopoti kvalitatīvās analīzes tabulā, kas ļāva pārliecināties par piešķirto punktu pamatojumu katrā no AER veidiem attiecīgajos sektoros. Pēcāk punkti tika apkopoti un tika veikta tālākā datu apstrāde. Rezultātu analīzei un iegūšanai tika izveidots matemātisks modelis MS Excel programmā.

Apkopojot datus, tika konstatēts, ka kvalitatīvajā analīzē dažās pozīcijās piešķirtie punkti robežojās starp divām vērtībām jeb netika piešķirts vienots galīgais punktu skaits. Kā piemēram, kvalitatīvās analīzes tabulā tiek norādīts, ka piešķirtais punktu skaits ir 4 vai 5. Tas tiek pamatots ar to, ka piešķirtā vērtība 4 atspoguļo šī brīža attīstības situāciju, tomēr vērtību 5 tiek prognozēts sasniegt tuvākajā nākotnē vai arī tā tika sasniegta kādā no nozares apakšsektoriem. Tādos gadījumos kā minēts šajā piemērā, tika pieņemta vidējā vērtība, t.i. 4,5 (šajā apskatītajā piemērā).

Papildus, tika novērots, ka nepietiekošas informācijas dēļ par kāda no AER izmantošanas potenciālu konkrētā sektorā, kvalitatīvajā analīzē nebija iespējams veikt objektīvu novērtējumu un piešķirt punktu skaitu. Šāda situācija tika novērota 3 vietās. Kā rezultātā, tas radīja datu iztrūkumu. Piemēram, lauksaimniecības sektora analīzē bija pieejama ļoti ierobežota informācija par hidroenerģijas attīstības tendencēm un ierobežojumiem lietošanā konkrētajā sektorā. Tādā gadījumā, modelī tika pieņemts piešķirt atzīmi 3, kas vērtību skalā ir visneitrālākā vērtība. Papildus, nepietiekama informācija par kāda AER izmantošanu sektorā liecina, ka, konkrētajam AER ir ierobežojoša attīstība, ko apliecina arī nepietiekošais informācijas, zinātnisko publikāciju un pētījumu apjoms. Tādējādi, 3 punktu piešķirtais vērtējums atspoguļo, ka ir konstatēti kādi ierobežojumi konkrētā AER attīstībā.

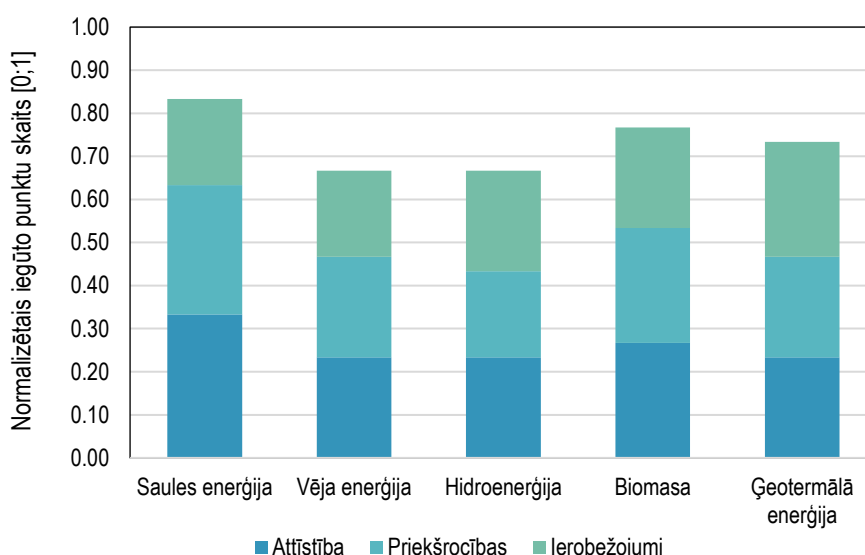
Pēc datu apkopošanas un iztrūkstošo vērtību aizstāšanas, tika veikta datu apstrāde un normalizācija. Iegūtie punkti katrā no kritērijiem un katram AER atbilstošajos sektoros tika normalizēti tā, lai iegūto vērtību diapazons veido no 0 līdz 1, kur 0 ir mazākā vērtība, savukārt 1 augstākā vērtība. Pieņemot, ka katram no kritērijiem ir vienlīdzīga ietekme uz ilgtspējīgu AER attīstību, tiem tika piešķirtas vienlīdzīgas ietekmes svara kategorijas uz kopējo AER ilgtspējīgas attīstības rezultātu. Šāda datu normalizēšanas tehnika tiek bieži izmantota ilgtspējīgas attīstības analīzēs un pētījumos, lai iegūtu pārskatāmus un reprezentablus rezultātus. Rezultātu diapazons no 0 līdz 1 ļauj saprotami interpretēt iegūtos rezultātus un iegūt vērtīgus secinājumus par katra AER ilgtspējīgas attīstības esošo sniegumu un līmeni sektorā.

Iegūtais kopvērtējums katrā AER atspoguļo tā ilgtspējīgas attīstības sniegumu un kopējo potenciālu ilgtermiņā. Jo vairāk rezultāts tuvojās vērtībai 1, jo augstāka tā novērtētā ilgtermiņa attīstība un potenciāls konkrētajā sektorā.

2.6.3.2. Rūpniecības sektors

Rūpniecības sektora dažādu AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums tiek ilustrēts Att. 2.49 Pēc iegūtajiem rezultātiem starp dažādajiem AER veidiem var novērot, ka rūpniecības sektorā dominē saules enerģijas un biomasas enerģijas izmantošanas potenciāls jeb abi no resursiem rūpniecības sektorā starp analizētajiem AER ir visperspektīvākie un piemērotākie. Saules enerģija ar 0,83 punktiem ieguva visaugstāko vērtējumu, kas tika sasniegts, balstoties uz resursa izmantošanas straujajiem attīstības tempiem un augstajām tehnoloģiskajām priekšrocībām. Saules enerģijas izmantošana rūpniecības procesu nodrošināšanai jau tiek plaši izmantota ārzemēs un arī Latvijā tiek novērota pieaugoša saules enerģijas izmantošanas īpatsvars starp rūpniecības sektora uzņēmumiem. Ar vien vairāk rūpniecības sektora uzņēmumi investē saules paneļu un kolektoru uzstādīšanā, kā arī citu saules siltumenerģiju tehnoloģiju iegādē, kas ļauj ietaupīt līdz pat 50-70% no kopējā radītā enerģijas patēriņa. Saules enerģijas tehnoloģiju attīstība un potenciāls pēdējos gados ir pieaudzis ļoti straujos tempos. Šobrīd nozarē ir novērotas tādas saules enerģijas tehnoloģijas, kas ar tajos iebūvētajiem režīmiem spēj regulēt nepieciešamās temperatūras konkrētiem rūpniecības procesiem, ļaujot ar saules enerģiju apgādāt dažādus būtiskus ražošanas posmus, kā piemēram, karstā ūdens izsildi, tvaika ģenerēšanu, sauso žāvēšanu un daudzus citus.

Tiesa gan saules enerģijas izmantošanai rūpniecībā, ir novērojams kāds būtisks ierobežojums. Aukstā perioda mēnešos ir iespējami būtiski saules enerģijas iztrūkumi, kā rezultātā resursu ir nepieciešams izmantot ar citiem enerģijas avotiem, tādējādi nepieciešams nodrošināt kombinēto enerģijas ieguvu. Šī iemesla dēļ saules enerģijas kopvērtējums nerasniedza maksimāli iespējamo rezultātu – 1. Kā var novērot no rezultātu grafika 1.2. attēlā, tieši kritērijs – ierobežojumi, veido mazāko kopvērtējuma daļu. Tomēr šie ierobežojumi, salīdzinot ar straujajiem attīstības tempiem un saules tehnoloģiju priekšrocībām, kā arī salīdzinoši zemo tehnoloģiju atmaksāšanās laiku, nekavē energoresursa izmantošanas potenciālu rūpniecības sektorā, jo ir rasti risinājumi šo ierobežojošo faktoru kompensēšanai, kas ilgtermiņā jebkurā gadījumā rūpniecībai ļauj sasniegt būtiskus ietaupījumus, kļūt energoefektīvākiem un samazināt rūpniecības procesu radītās SEG emisijas, tādējādi ilgtermiņā mazinot ietekmi uz vidi.



Att. 2.49. AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums rūpniecības sektorā

Arī biomasas izmantošanai rūpniecības procesu enerģijas nodrošināšanai ir novērojams augsts potenciāls. Biomasas ieguve otru augstāko kopvērtējuma rezultātu, veidojot atzīmi 0,77 vērtībā. Biomasas izmantošanai ir novērota strauja attīstība un paredzama attīstība arī nākotnē. Lielāki biomasas izmantošanas apjomi siltumenerģijas nodrošināšanai tiek novēroti sektoros, kuros ražošanas procesa ietvaros veidojas biomasas atlikumi, piemēram, celulozes, papīra, koksnes ražošanā. Biomasas izmantošanai tiek piešķirtas otras lielākās priekšrocības kā enerģijas avotam. Kā būtiskākās biomasas priekšrocības tiek uzskaitīti tādi tehnoloģiskie risinājumi, kā nepieciešamās temperatūras diapazona sasniegšana efektīvu rūpniecības procesu nodrošināšanai. Lielākā biomasas izmantošanas priekšrocība ir vienlīdzīga enerģijas nodrošināšana cauru gadu, neradot enerģijas iztrūkumus, kas, savukārt, saules enerģijai tiek minēts kā būtiskākais resursa izmantošanas ierobežojums. Turklāt, biomasai pieejamas plašas ieguves iespējas. To var iegūt no dažādu organisko vielu atlikumiem, kas rodas mežos, neapstrādātās zemēs, no lauksaimniecībā un mežsaimniecībā radītajiem atkritumiem. Kā būtiskākais biomasas izmantošanas trūkums tiek minēts biomasas apjomu nepietiekamība enerģijas ražošanai, gadījumos, ja nerodas pietiekams daudzums lauksaimniecības atlikumu.

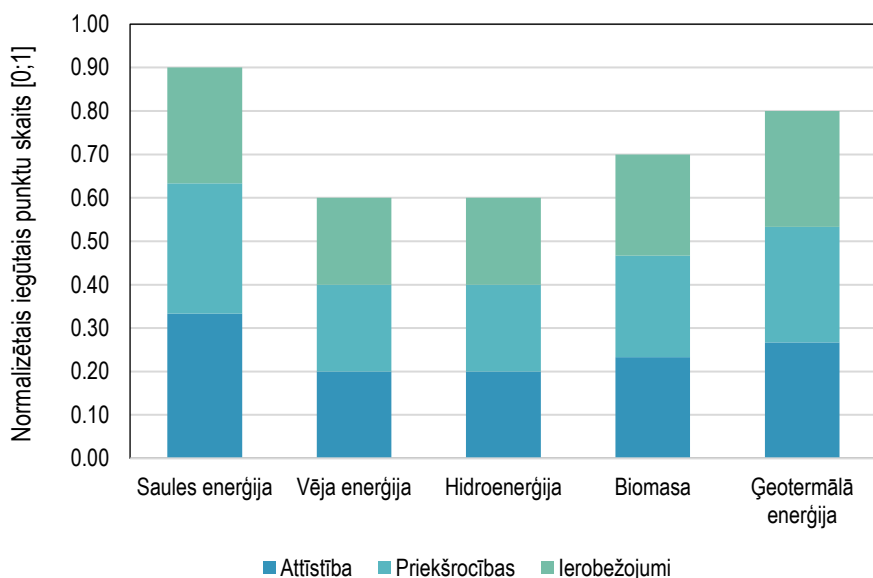
Uz doto brīdi ģeotermālās enerģijas izmantošana vēl nespēj konkurēt ar saules enerģijas vai biomasas izmantošanas potenciālu, taču arī šim AER veidam ir vairākas priekšrocības, kas būtiski ietekmēs tā tālāko attīstību nākotnē. Ģeotermālās enerģijas kopvērtējums rūpniecības sektoram veido vērtējumu 0,73. Šim energoresursam novērojama lēnāka attīstība šobrīd, salīdzinot, piemēram, ar saules enerģijas tehnoloģiskās attīstības straujajiem tempiem, tomēr tiek paredzēts, ka arī ģeotermālās enerģijas tehnoloģiskās iespējas attīstīsies ātros tempos. Esošais ģeotermālais enerģijas pielietojums ražošanas sektorā ir uzskatāms par salīdzinoši nelielu, tomēr, tam ir raksturīgas vairākas sekojošas tehnoloģiskās priekšrocības, kuru rezultātā ir iespējams zīmīgi samazināt ražošanas izmaksas, it sevišķi augstas jaudas ražotnēs. Ģeotermālā enerģija sniedz iespēju uzglabāt siltumu un to atkārtoti izmantot, kas būtiski optimizē ražošanas procesus lielas slodzes apstākļos. Ģeotermālo enerģiju ir iespējams pielietot kombinētās sistēmās, nodrošinot enerģijas piegādi ražotnei, saules enerģijas pārrāvuma situācijās. Ģeotermālās enerģijas izmantošanai ir gandrīz vismazāk trūkumu. Tās ierobežojums saistīts ar resursa pieejamību.

Vēja enerģijas un hidroenerģijas ilgtspējīgas attīstības potenciāla vērtība veido 0,67 atzīmi, kas ir zemākie vērtējumi starp analizētajiem dažādajiem AER rūpniecības sektorā. Abiem resursiem šobrīd tiek novērota ierobežojoša attīstība, ko ietekmēja salīdzinoši zemais energoresursu pielietojums ražošanas procesu nodrošināšanai. Hidroenerģijas potenciāls un izmantošanas iespējas ir atkarīgas no atšķirīgo hidroresuru pieejamības. Tomēr, neskatoties uz ierobežojošo attīstību šobrīd, tiek paredzēts, ka nākotnē abu resursu veidi piedzīvos kāpumu to attīstības tempos. Vēja enerģijas izmantošanai līdzīgi kā saules enerģijai ir ierobežotas priekšrocības, ko ietekmē mainīgie laikapstākļi. Tomēr šo enerģijas veidu ir iespējams izmantot kombinētās sistēmās, kur vēja enerģijas pārrāvumi var tikt kompensēti ar kādu citu AER avotu. Hidroenerģijai arī ir noteiktas ierobežotas priekšrocības, ko nosaka lielu tehnoloģisko jaudu nepieciešamība enerģijas nodrošināšanai. Tomēr, tā spēj pielāgoties un kompensēt vēja enerģijas nepietiekamību un pārrāvumus.

2.6.3.3. Pakalpojumu sektors

Dažādo AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums pakalpojumu sektorā tiek ilustrēts Att. 2.50. Arī pakalpojumu sektorā, saules enerģijas izmantošanas potenciāls ieguvis līderpozīcijas ar kopvērtējumu vērtējumu 0,90. Pakalpojumu nozarē saules enerģijas tehnoloģiju attīstības temps pēdējos gados vērtējams kā straujš, ko ietekmējis arī pakalpojuma sektora dalībnieku pieprasījums pēc saules enerģijas tehnoloģiskajiem risinājumiem. Pakalpojuma sektorā saules enerģijas tehnoloģiju apvienojums ar viedajām tehnoloģijām ļauj panākt vēl

straujāku šī AER enerģijas avota tehnoloģisko attīstību un kāpumu pielietojumā. Kā piemēram, saules enerģijas tehnoloģijas ar integrētu viedo uzskaites grafiku tiek plaši pielietotas slodzes un patēriņa kontrolei un samazināšanai dažādās publiskās vietās, ieskaitot izglītības iestādēs un citās pakalpojuma sektora organizācijās. Arī tūrisma nozarē ir novērojams straujš pieaugums saules enerģijas tehnoloģiju uzstādīšanā, kas spēj gandrīz pilnā mērogā apgādāt ar nepieciešamo enerģijas patēriņu.



Att. 2.50. AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums pakalpojumu sektorā

Ar vien vairāk tirgū parādās jauni tehnoloģiskie risinājumi, kuru pamatā tiek izmantotas saules enerģijas tehnoloģijas, kā piemēram, siltuma atgūšana no notekūdeņiem, kur siltumsūkņu darbināšanai izmanto PV paneļos saražoto elektroenerģiju. Turklāt, PV paneļu un saules kolektoru uzstādīšana nodrošina ne tikai elektroenerģijas ražošanu, bet arī siltumenerģijas ieguvu. Kā rezultātā ir iespējams maksimāli nodrošināt nepieciešamos enerģijas apjomus saimnieciskās darbības vajadzībām. Saules enerģijas priekšrocība ir to piemērotība zemām un vidējām temperatūrām, kādas ir nepieciešamas lielākajai daļai pakalpojuma sektoru procesu norisei. Apvienojot saules enerģijas tehnoloģijas ar viedajiem risinājumiem, pakalpojuma sektora uzņēmumi spēj ievērojami samazināt ūdens, siltumenerģijas un elektroenerģijas patēriņus, tādējādi arī kāpinot to darbības konkurētspēju. Turklāt, svarīgi pieminēt, ka saules enerģijas tehnoloģijām ir salīdzinoši īss ieguldīto investīciju atmaksāšanas periods, kas vidēji ir īsāks par 10 gadiem. Šis aspekts kalpo kā būtisks stimuls šo tehnoloģiju ieviešanai star pakalpojumu sektora uzņēmumiem.

Arī pakalpojumu sektorā kā vienīgais saules enerģijas trūkums tiek minēts enerģijas iztrūkums periodos, kad nav iespējams to saražot nepieciešamajos apjomos. Tomēr, saules enerģijas iztrūkumus iespējams kompensēt ar kombinētajām sistēmām, siltumsūkņiem vai akumulācijas tvertnēm. Pakalpojumu sektors ir pateicīgāks saules enerģijas izmantošanas iespējām, salīdzinot ar, piemēram, ražošanas sektoru, jo tas neprasa tik intensīvu enerģijas jaudu nodrošināšanu un enerģijas iztrūkumus ir iespējams daudz vienkāršāk un izdevīgāk kompensēt.

Augstās rezultātu pozīcijās pakalpojumu sektorā ir nokļuvis ģeotermālās enerģijas izmantošanas AER veids, kas ieguva otru augstāko vērtējumu, veidojot 0,8 kopsummā. Augstāka ģeotermālās enerģijas izmantošanas attīstība ir novērojama rekreācijas un tūrisma

sektorā. Lai gan pārējos pakalpojumu nozares sektoros ģeotermālā enerģija pagaidām netiek plaši pielietota, kopumā tiek paredzēts šī AER veida attīstības kāpums nākotnē. Ģeotermālai enerģijai kvalitatīvajā analizē tiek piešķirtas otras lielākās priekšrocības, kas pamatojamas uz to, ka nav nepieciešamas lielas investīcijas šīs enerģijas izmantošanai. Kā arī, ģeotermālajai enerģijai ir gandrīz vismazāk trūkumi. Tās izmantošanas trūkumi saistās ar resursu pieejamību un atkarību no ģeogrāfiskajām un reģionālajām atšķirībām.

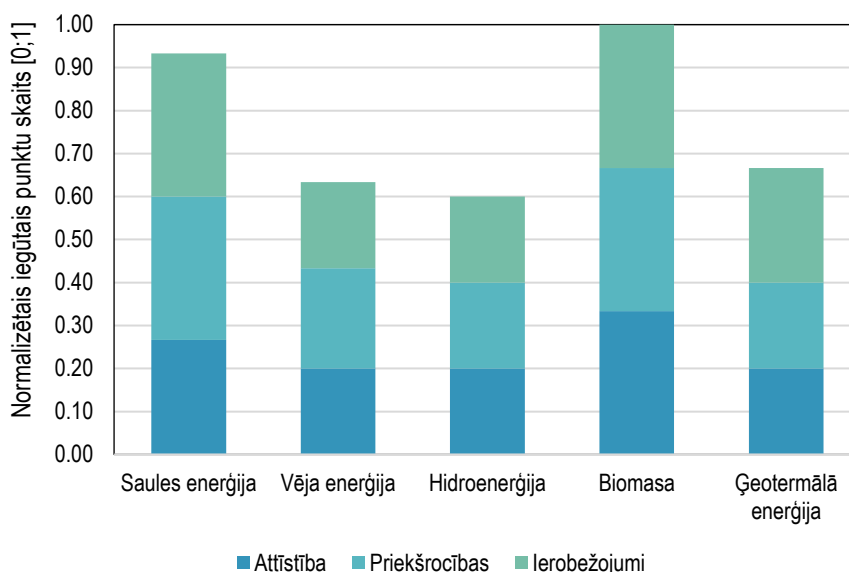
Biomases izmantošanas ilgtspējīgas attīstības un potenciāla vērtība pakalpojumu sektorā veido trešo augstāko rezultātu jeb 0,7 atzīmi. Šobrīd biomasas enerģijas attīstība pakalpojumu nozarē bijusi lēnāka kā citās nozarēs, tomēr ēdināšanas sektorā tā bijusi daudz straujāka. No ēdināšanas pakalpojumu sektora radītie atlikumi un pārtikai nederīgie atkritumi tiek ievākti un nodoti tālākajai pārstrādei biogāzes ražošanas uzņēmumiem. Tādējādi tiek būtiski samazināts izmesto un neapstrādāto atkritumu apjoms. Biogāzes priekšrocība ir tas, ka to neierobežo enerģijas iztrūkumi un tā var tikt nodrošināta visu gadu. Kā būtiskākais biomasas ierobežojums pakalpojuma sektorā tiek minēts tāds faktors, ka izņemot ēdināšanas pakalpojumu sektoru, citos pakalpojumu nozares sektoros neveidojas pietiekams apjoms atlikumi vai izejvielas, kas varētu tikt izmantotas tālākajai enerģijas ieguvei.

Tāpat kā ražošanas sektorā, arī pakalpojumu sektorā vēja enerģijas un hidroenerģijas izmantošanas ilgtspējīgas attīstības potenciāls vērtējams kā zemākais starp apskatītajiem dažādajiem AER. Abi šie resursi pakalpojumu nozarē ieguva punktu vērtības 0,6 katrā. Gan vēja enerģijas, gan hidroenerģijas attīstību pakalpojumu sektorā ietekmē sabiedrības viedoklis un aizspriedumi par vēja ģeneratoriem un hidroelektrostacijām un to ietekmi uz vidi un vizuālās ainavas izmaiņām. Pakalpojumu sektorā vēja enerģijas izmantošana tiek asociēta ar negatīvu ietekmi uz tūrisma nozares attīstību. Savukārt, hidroelektrostaciju izbūve – ar nelabvēlīgu ietekmi uz vidi un ainavu. Taču nozarē ir arī novērotas vēja enerģijas izmantošanas priekšrocības. Kā piemēram, viesnīcu un izmitināšanas sektora uzņēmumos, kas orientējas uz ilgtspējīgu saimnieciskās darbības nodrošināšanu un apsaimniekošanu, tiek novērota elektrības ieguve no elektrotīkliem, kas iegūti no AER, kas bieži vien ir tieši vēja enerģijas elektrotīkli. Tomēr, ņemot vērā lielās sabiedrības masas nospiedošo viedokļu un aizspriedumu ietekmi uz vēja enerģijas un hidroenerģijas izmantošanu, šiem AER raksturīgā ievērojama lēnāka attīstība.

2.6.3.4. Lauksaimniecības sektors

Lauksaimniecības sektora dažādu AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums tiek ilustrēts Att. 2.51. Lauksaimniecības sektorā kā absolūtais līderis starp AER ir biomasas izmantošana enerģijas ieguvei, kas ieguvis maksimāli iespējamo vērtējumu -1. Tātad tieši šis energoresursu veids lauksaimniecības sektorā uzrādīja viskonkurētspējīgāko un maksimāli iespējamo augstāko vērtējumu katrā no analizētajām apakš kategorijām. Šāds rezultāts tieši lauksaimniecības sektoram ir likumsakarīgs un pamatots. Lauksaimniecības aktivitāšu rezultātā rodas liels apjoms biomasas atlikumu – nederīgie lauksaimniecības produktu atlikumi un organiskie atkritumi, kas var tikt attiecīgi izmantoti tālāk kā enerģijas avoti. Biomasas izmantošanai lauksaimniecības sektorā ir novērojama straujākā attīstība un perspektīvas nākotnē. Pieaugot interesei un prasībām fosilā kurināmā aizstāšanai ar alternatīvajiem energoresursiem, strauji pieaug gan biogāzes izmantošanas apjomi, gan tās kvalitātes paaugstināšanas aktivitāšu īstenošana. Tādi lauksaimniecības atkritumi kā graudaugu un cukurniedru atlikumi, kā arī kūtsmēsli, kas bagātināti ar lauksaimniecības atlikumiem jau tagad ir augsti pieprasīti starp biogāzes ražošanas uzņēmumiem un to pieprasījums nākotnē tikai pieaugs. Tas paver lauksaimniekiem papildus realizācijas iespējas, sniedzot ekonomisku pienesumu to saimnieciskajai darbībai. Turklāt, svarīgi minēt, ka biomasai, salīdzinot ar citiem AER, nav novērojama sezonālitate, kas ietekmētu tās attīstību vai stabilitāti. Respektīvi, biomasu neierobežo enerģijas iztrūkumi, kas ļauj nodrošināt enerģijas padevi cauru gadu, izmantojot biomasu hibrīdajās sistēmās, lai kompensētu

periodus, kad, piemēram, vēja un saules enerģijas nespēj saražot nepieciešamo enerģiju, nepiemērotu laikapstākļu dēļ.



Att. 2.51. AER ilgspējīgas attīstības salīdzinājums lauksaimniecības sektorā

Otru augstāko vērtību lauksaimniecības nozarē ar kopvērtējumu 0,93 sasniedza saules enerģijas izmantošanas potenciāls. Saules enerģijas tehnoloģijām lauksaimniecības sektorā ir novērojama otra straujākā attīstība. Pēdējos gados novērojams viedo saules enerģijas tehnoloģiju izmantošanas īpatsvara pieaugums nozarē, tādējādi nodrošinot enerģijas patēriņa detalizētu monitoringu. Lauksaimniecības sektorā saules enerģijas tehnoloģijās integrētie viedās tehnoloģijas mehānismi tiek izmantoti tādu lauksaimniecības aktivitāšu veikšanai kā piemēram, aizsarglīdzekļu un barības vielu dozēšanai, dažādu parametru, t.sk. augsnes mitruma kontrolēšanai, u.c. Tiek prognozēts arī tālākais saules enerģijas tehnoloģisko risinājumu attīstības pieaugums nākotnē. Turklāt, atkarībā no izvēlētās tehnoloģijas un iekārtu uzstādītās jaudas, ieguldītās investīcijas saules paneļos un kolektoros ir iespējams atpelnīt mazāk kā 10 gadu laikā, kas lauksaimniekiem sniedz papildus stimulu investīciju veikšanai ilgspējīgos saules enerģijas risinājumos. Turklāt, šīm tehnoloģijām ir raksturīgs arī ilgāks tehnoloģiskās dzīves kalpošanas laiks.

Tiek izvirzītas neskaitāmas priekšrocības attiecībā uz saules enerģijas izmantošanas tehnoloģijām lauksaimniecības sektorā. Savienojumā ar lietu internetu (IoT) un bezvadu sensora tīkliem (WSN), kur kā enerģijas avots tiek izmantotas saules enerģijas tehnoloģijas, ir iespējams nodrošināt precīzu kultūraugu un mājlopu kontroli un apsaimniekošanu. Papildus, saules enerģiju ir iespējams izmantot dažādas jaudas iekārtās, pateicoties tās elastībai un spējais pielāgoties gan iekārtām ar zema sprieguma nepieciešamību, gan iekārtām ar lielas jaudas nepieciešamību. Saražoto saules enerģiju lauksaimniecībā ir iespējams pielietot visdažādāko aktivitāšu nodrošināšanai – žāvēšanas sistēmu darbināšanai, siltumnīcas nepieciešamās temperatūras nodrošināšanai, dažādu elektromotoru darbināšanai utml. Turklāt, saules enerģijai lauksaimniecībā ir vismazāk trūkumu. Līdzīgi kā pārējos sektoros jau minēts, saules enerģijas trūkums ir enerģijas ražošanas pārrāvumi, kas rodas nepiemērotu laikapstākļu dēļ. Tomēr tas neietekmē tik būtiski lauksaimniecības aktivitātes, jo bieži tās tiek īstenotas tieši brīžos un sezonā, kad ir pilnīgs saules enerģijas apjoms. Turklāt, ar viedo sistēmu palīdzību, radušos pārrāvumus ir iespējams novērst. Kā arī, izmantojot kombinētās enerģijas ražošanas sistēmas, tos iespējams kompensēt.

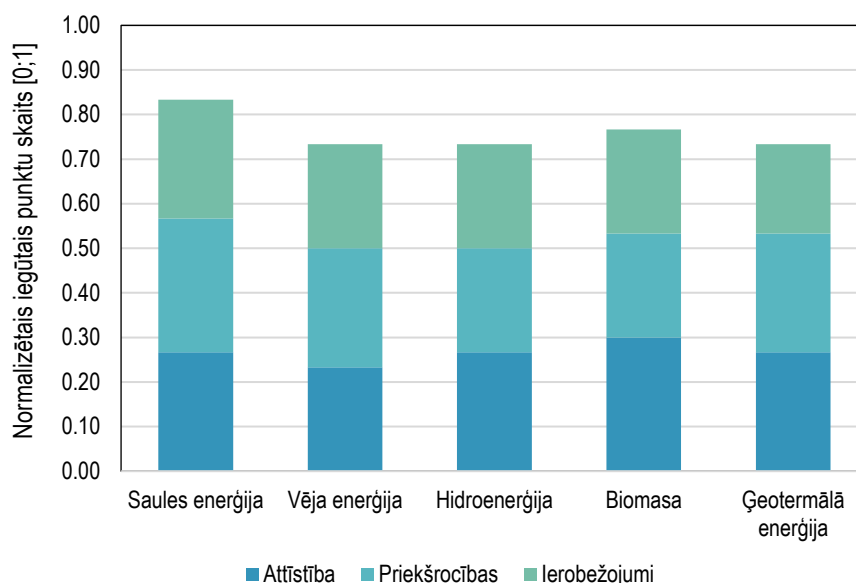
Ģeotermālās enerģijas ilgtspējīgās attīstības novērtējums lauksaimniecības sektorā veido 0,67 atzīmi, kas ir trešais augstākais rezultāts starp apskatītajiem AER, tomēr ievērojami atpaliek no līderiem – biomasas un saules enerģijas AER. Salīdzinot ar citiem AER ģeotermālajai enerģijas izmantošanai lauksaimniecības sektorā pēdējos gados novērojama ierobežota attīstība. To galvenokārt ietekmē tās ierobežotās izmantošanas iespējas. Ģeotermālo enerģiju lauksaimniecības sektorā ir iespējams izmantot akvakultūras sektorā, lai audzētavās nodrošinātu foreļu augšanai nepieciešamos temperatūras apstākļus. Pārējos sektoros netiek novērots tik pat produktīvs enerģijas pielietojums, salīdzinot, piemēram, ar saules enerģijas pielietojuma iespējām. Kā arī, būtisks apsvērums ir tas, ka ģeotermālās enerģijas izmantošanas trūkumi saistās ar resursa pieejamību, kas atkarīga no ģeogrāfiskā novietojuma un klimatiskajām īpašībām.

Vēja enerģijas un hidroenerģijas izmantošanas ilgtspējīgas attīstības un potenciāla novērtējums ieguva 0,63 un 0,60 attiecīgi katrā, kas ir zemākie vērtējumi starp analizētajiem AER lauksaimniecības sektorā. Abu resursu attīstība lauksaimniecības sektorā ir kavējusi cilvēku attieksme un aizspriedumi par vēja turbīnu un hidroenerģijas staciju ietekmi uz vidi un ainavu. Vēja enerģijas izmantošanas iespējas lielā mērā ietekmē vietējās kopienas un kooperatīvi. Vērtējot vēja enerģijas priekšrocības, var secināt, ka šobrīd vēja enerģija tiek vērtēta ar pastāvošiem ierobežojumiem, ko ietekmē atkarība no laikapstākļiem (bezvēja un nepietiekoša vēja ātruma periodi), kas rada pārtrūkumus enerģijas ražošanas apjomos. Tomēr, ja tiek izmatota kombinētās enerģijas ražošana, kas sedz vēja enerģijas deficītu kopumā resursu varētu vērtēt kā ar gandrīz vismazāk trūkumiem. Lauksaimniecībā vēja enerģiju iespējams izmantot dažādu aktivitāšu atbalstam un nodrošināšanai, kā piemēram, enerģijas avotu ūdens sūkņēšanas sistēmās, kā arī kā enerģijas avotu augsnei elektroķīmiskai attīrīšanai. Hidroenerģijas izmantošanas iespējas arī lauksaimniecības sektorā ierobežo ģeogrāfiskā atrašanās vieta un ūdens resursu pieejamība, kā arī sabiedrības attieksme pret hidroelektrostacijas izbūvi. Tomēr būtiski pieminēt, ka ir novērojams informācijas trūkums par hidroenerģijas izmantošanas iespējām lauksaimniecības sektorā, kas liecina par šī AER pielietojuma ierobežoto attīstību, kas rada grūtības veikt precīzas prognozes par resursa izmantošanas nākotnes attīstības tendencēm.

2.6.3.5. Mājsaimniecības sektors

Mājsaimniecības sektora dažādu AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums tiek ilustrēts Att. 2.52. Pēc apkopotajiem rezultātiem par AER ilgtspējīgas attīstības tendencēm mājsaimniecības sektorā, var novērot, ka kopumā iegūtie rezultāti svārstās ļoti līdzigā rezultātu diapazonā, tomēr dominējošā ir saules enerģija. Saules enerģija kopvērtējumā ieguva lielāko punktu skaitu, kas ir vienāds ar 0,83. Tas skaidrojams ar to, ka pēdējo gadu laikā ir novērojams pieaugums dažādu viedo tīklu un skaitītāju uzstādīšanā mājsaimniecībās, kur par pamatu aizvien biežāk tiek izmantotas saules enerģijas sistēmas. Saules enerģijas tehnoloģiju uzstādīšanu mājsaimniecībās stimulē ar PV paneļu cenas kritumi ik gadu, kā rezultātā samazinot kopējo tehnoloģiju atmaksāšanās laiku un padarot šo risinājumu daudz pievilcīgāku. Saules enerģijas tehnoloģiju attīstību ir ietekmējusi gan pateicoties pieaugošajai interesei par AER, gan pateicoties straujajai attīstībai nulles enerģijas ēku izbūvē. Turklāt, saules enerģijai ir vairākas būtiskas priekšrocības to lietojumā, jo ir iespējams izmantot gan saules kolektorus siltumenerģijas nodrošināšanai, gan paneļus elektroenerģijas ražošanai, tādējādi apgādājot mājsaimniecību ar visu tai nepieciešamo enerģiju un veicinot tās enerģētisko neatkarību. Saules enerģijas tehnoloģiju risinājumi ļauj tās integrēt kopējā ēkas konstrukcijā, pielietojot kā fasādes elementus. Augstais dažādu saules enerģijas tehnoloģiju klāsts ļauj viegli piemērot mājsaimniecībai specifiski nepieciešamos risinājumus, lai tiektos uz augstāku energoefektivitāti. Tiek uzskatīts, ka saules enerģijai ir gandrīz vismazāk trūkumi. Esošie izmantošanas trūkumi ir

saistīti ar periodiem, kad pie nepietiekamiem saules starojuma apstākļiem ir nepieciešams izmantot hibrīdās sistēmas, kas nodrošinātu papildus enerģijas piegādi pēc nepieciešamības, vai arī izmantot enerģiju no iepriekš uzstādītām enerģijas uzkrāšanas sistēmām.



Att. 2.52. AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums mājsaimniecību sektorā

Otrs augstāk novērtētais AER izmantošanas potenciāls tika iegūts biomasai, kuras kopējais iegūtais normalizētais punktu skaits veido 0,77. Tas ir pamatojams ar koksnes izmantošanu siltumenerģijas nodrošināšanai mājsaimniecībās gan individuālajā apkurē, gan centralizētajā siltumapgādē. Pēc zinātnisko pētījumu rezultātiem, biomasai tiek prognozētas straujākās attīstības perspektīvas nākotnē un augstākā konkurētspēja starp pārējiem AER veidiem mājsaimniecību sektorā. Vērtējot biomasas lietojuma priekšrocības var secināt, ka šobrīd biomasas izmantošanai ir ierobežotas priekšrocības pilsētā, tomēr otras lielākās priekšrocības, gadījumā ja kā enerģijas resurss tiek izmantoti biomasas atlikumi, no kuriem caur termiskās pārstrādes procesiem ir iespējams iegūt gan elektroenerģiju, gan siltumenerģiju. Biomasas lietošanas trūkumi, jeb enerģijas avota izmantošanas ierobežojumi saistīti ar šī brīža nepietiekamo biomasas atlikumu izmantošanu enerģijas ieguvei neskatoties uz to augsto enerģētisko potenciālu. Tomēr, nākotnē tiek prognozēts biomasas atlikumu izmantošanas straujāks pieaugums un attīstība tā pielietojumā enerģijas ieguvē.

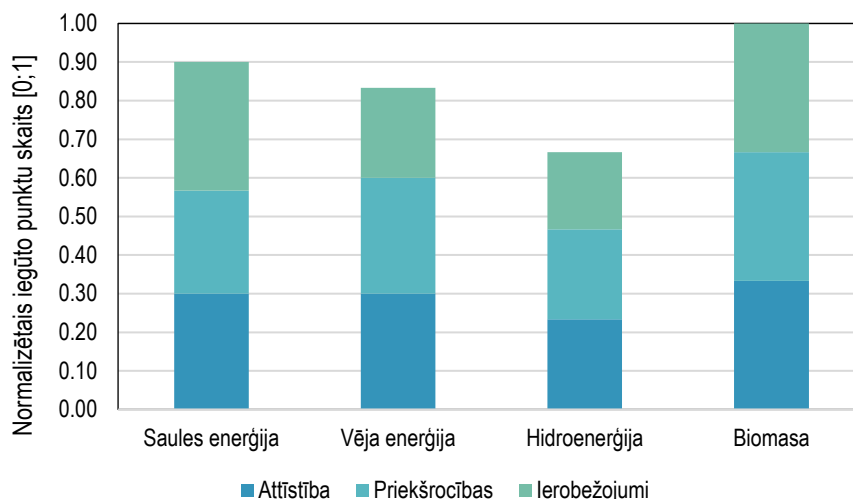
Pārējie apskatītie AER veidi – vēja enerģija, hidroenerģija un ģeotermālā enerģija, ieguva vienādu punktu skaitu novērtējumā, t.i. 0,73 punktus. Tātad šiem resursiem tiek novērtētas līdzvērtīgas ilgtspējīgas attīstības perspektīvas nākotnē. Vēja enerģijas izmantošanai mājsaimniecību sektorā ir novērojama pieaugoša interese, kas saistīta ar nelielas jaudas vēja turbīnu uzstādīšanas pieaugumu uz mājsaimniecību jumtiem, tādējādi mājsaimniecībām kļūstot enerģētiski neatkarīgām. Turklāt, vēja enerģijai tiek piemērotas otras lielākās lietojuma priekšrocības, kur, izmantojot hibrīdās vēja enerģijas sistēmas, kas tiek kombinētas gan no vēja sistēmām, gan PV paneļiem, ir iespēja panākt augstāku enerģijas ražošanas tehnoloģisko efektivitāti un nodrošināt enerģijas kompensēšanu pie kāda no energoresursu avota iztrūkumiem. Arī hidroenerģijas izmantošanai ir novērojama pieaugoša interese un attīstības potenciāls. Mājsaimniecībās tiek novērota pieaugoša tendence arī hidroiekārtu uzstādīšanā, lai nodrošinātu nepieciešamās enerģijas piegādi. Lielāku popularitāti ir guvušas PHP sistēmas, kuru uzstādīšanai nav nepieciešama aizsprostu izbūve, kā rezultātā tiek prognozēts šīs hidroiekārtas izmantošanas īpatsvara pieaugums arī nākotnē. Turklāt, ar PHP sistēmām ir iespējams izdevīgi

nodrošināt enerģijas piegādi lauku kopienām un ciematiem ar aptuveni 30 mājsaimniecībām. Tomēr ar hidroenerģijas izmantošanu ir saistīti arī dažādi lietojuma ierobežojumi, kā piemēram, augsto ieguldījumu nepieciešamība un iekārtu uzstādīšanas radītā ietekme uz vidi. Resursa izmantošanu ietekmē arī ūdens pieejamība, kā arī PHP sistēmas ir vairāk piemērotas izmantošanai reģionos vai kalnainos apvidos, kur savukārt pastāv risks straujākai iekārtu nolietojamībai un bojājumiem. Līdzīgas attīstības tendences ir novērojamas arī ģeotermālās enerģijas izmantošanas potenciālam mājsaimniecībās. Rietumeiropā jau ir novērojama plaša ģeotermālo siltumsūkņu izmantošana mājsaimniecībās un tiek prognozēts, ka valstīs ar vēsāku klimatu, siltumsūkņu uzstādīšana tiek izvirzīta kā būtiska nākotnes enerģijas sistēmas sastāvdaļa. Ģeotermālajai enerģijai ir vērtējamas otras lielākās lietojuma priekšrocības, kas saistītas ar enerģijas taupīšanas potenciālu, kur, pateicoties ģeotermālās enerģijas sistēmām, ir iespējams aizstāt tiešo elektrisko apkuri ar siltumsūkņiem, tādējādi samazinot nepieciešamos pievadītās enerģijas apjomus. Pie ģeotermālās enerģijas izmantošanas trūkumiem tiek minēts nepieciešamo jaudu nodrošinājums, lai nodrošinātu vajadzīgo temperatūras palielinājumu siltumsūkņiem. Kā arī ģeotermālās enerģijas sistēmu uzstādīšana prasa augstāku sarežģītības pakāpi, salīdzinot ar pārējiem AER veidiem.

2.6.3.6. Transporta sektors

Transporta sektora dažādu AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums tiek ilustrēts Att. 2.53. Izteikts AER līderis transporta sektorā ir biomasas, kas ieguva augstāko iespējamo punktu skaitu, t.i. 1. Tātad, šis energoresurss transporta sektorā, salīdzinot ar pārējiem apskatītajiem AER, ir ar augstākajām attīstības tendencēm un priekšrocībām, kā arī mazākajiem lietošanas ierobežojumiem. Kopumā tiek prognozēta strauja biomasas izmantošanas attīstība nākotnē, strauji pieaugot biodegvielas izmantošanas īpatsvaram. Ar vien vairāk transporta sektorā tiek meklēti risinājumi fosilās degvielas aizstāšanai, lai samazinātu transporta sektora radītās oglekļa emisijas un sasniegtu ambiciozos ES klimata mērķus. Kā rezultātā, no biomasas iegūta biodegviela tiek vērtēta kā būtiskākais risinājums jēlnaftas aizvietošanai. Tas tiek stimulēts ar dažādu atbalsta mehānismu ieviešanu biodegvielas ražotājiem un lietotājiem. Papildus tam, biomasai raksturīgas augstākās lietojuma priekšrocības arī nākotnē, pie nosacījuma, ka enerģijas ieguvei vairāk tiks izmantoti dažāda veida biomasas – lauksaimniecības atlikumi, atkritumi, aļģes un citi. Augstais metāna saturs izvirza biodegvielu konkurētspējīgās pozīcijās nākotnē, kas sniegs ilgtermiņā arī būtisku izmaksu ietaupījumu degvielas patērētājiem. Biomasas izmantošanai transporta sektorā tiek uzskatīti vismazākie trūkumi, kur kā vienu no trūkumiem var minēt biometāna kvalitātes faktoru, kas atkarīgs no izmantotās izejvielas sastāva, pirmapstrādes un pēcapstrādes procesiem.

Kā otrs augstākais AER ilgtspējīgas attīstības potenciāls transporta sektorā tika novērtēts saules enerģijai, kas ieguva 0,90 punktus. Saules enerģijas izmantošanai transportā ir novērojama otra straujākā attīstība un tiek prognozēta vēl straujāka attīstība nākotnē. Tiek paredzēts, ka pieaugot elektroautomašīnu īpatsvaram, pieaugs arī saules ceļu tehnoloģiju izmantošana, pielietojot PV paneļus. Prognozes lēš, ka saules ceļu tehnoloģiju izmantošana nākotnē kalpos kā būtisks instruments decentralizētas enerģijas piegādei caur uzlādes stacijām. Tiek vērtēts, ka saules enerģijai ir otras lielākās lietojuma priekšrocības, kas saistītas ar PV paneļu pielāgojamību dažāda veida ceļu infrastruktūrai un spējai saražot ievērojamus elektroenerģijas apjomus. Kā būtiskākie saules enerģijas trūkumi transporta sektorā tiek minēti enerģijas pārtraukumi, tomēr tos ir salīdzinoši vienkārši kompensēt, uzstādot papildus citus enerģijas avotus, kā piemēram, hibrīdās sistēmas.



Att. 2.53. AER ilgtspējīgas attīstības salīdzinājums transporta sektorā

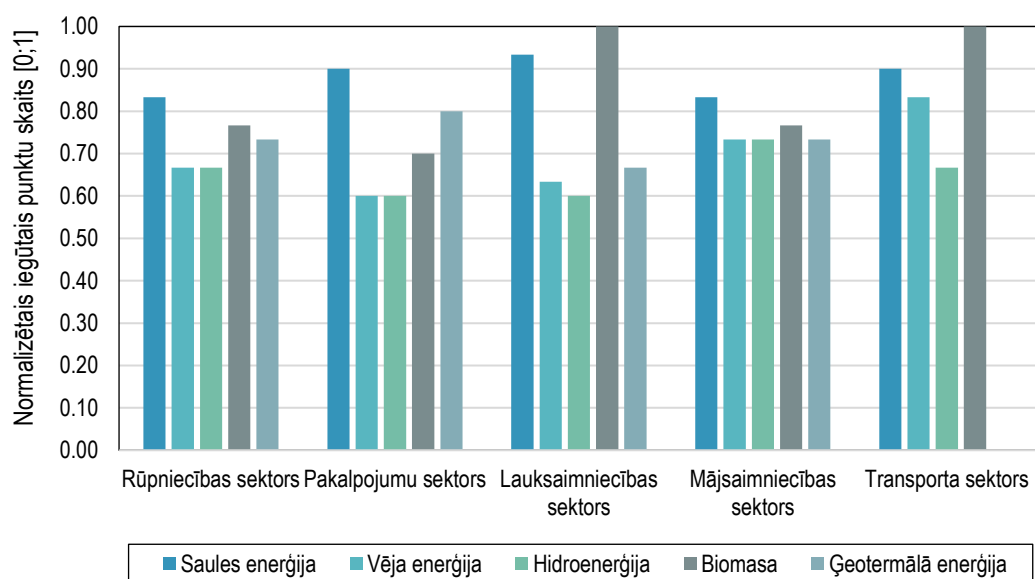
Trešais augstākais novērtētais AER izmantošanas potenciāls tika iegūts vēja enerģijai, kas uzrādīja kopējo punktu skaitu vienādu ar 0,83. Nākotnē tiek prognozēts straujš vēja enerģijas attīstības potenciāls, kas saistās ar vēja enerģijas izmantošanas iespējām ūdeņraža ražošanā. Pieaugot ar ūdeņradi darbināmo automašīnu skaitam, pieaugs arī vēja enerģijas izmantošanas īpatsvars transporta sektorā. Lai samazinātu fosilās degvielas izmantošanas apjomus transportā, ar vēja enerģiju saražotais saspieštais un uzglabātais ūdeņradis nākotnē tiks izmantots kā alternatīvās degvielas veids, tādējādi arī panākot siltumnīcefekta gāzu emisiju līmeņa samazināšanos. Turklāt saražoto ūdeņradi var izmantot ne tikai transporta sektorā, bet tas arī var tikt pārvadīts tīklā nodrošinot elektroenerģiju un siltumenerģiju tuvumā esošajām apdzīvotajām vietām. Tomēr, būtiski ir minēt, ka vēja enerģijas avota izmantošanai ir raksturīgi arī trūkumi, kas saistīti ar vēja periodiskumu, kas var radīt enerģijas pārrāvumus. Vēja enerģijas ražošanas efektivitāti ietekmē arī uzstādīto vēja turbīnu jauda un stabilitāte.

Hidroenerģijas izmantošanas potenciāla novērtējums transporta sektorā vērtējams ar iegūto punktu skaitu vienādu ar 0,67. Tāpat kā ar vēju saražoto elektroenerģiju arī hidroelektrostacijās saražoto elektroenerģiju ir iespējams izmantot elektrolītiskā ūdeņraža ražošanā. Hidroenerģijas izmantošanas potenciāls ir cieši atkarīgs no plūsmas ātruma un augstuma gradienta starp diviem ūdens slāņiem. Ūdeņraža ieguve no hidroiekārtās ražotās enerģijas vērtējama kā viena no videi draudzīgākajām metodēm, tomēr resursa izmantošanas attīstību ietekmē ūdens resursu pieejamība, kas arī būtiski ierobežo enerģijas avota izmantošanu.

Ņemot vērā, ka ģeotermālās enerģijas lietojums transporta sektorā vēl nav attīstīts un izgudrots, tad attiecīgi ģeotermālā enerģija netiek iekļauta transporta sektora AER ilgtspējīgas attīstības potenciāla salīdzinājumā.

2.6.3.7. AER veidu attīstības potenciāla salīdzinājums starp sektoriem

Papildus katra sektora atsevišķam AER veidu salīdzinājumam, tika veikts sektoru salīdzinājums, lai identificētu atšķirības AER attīstības tendencēs starp apskatītajiem sektoriem. Salīdzinājums grafiski tiek ilustrēts Att. 2.54. Salīdzinājumā katram AER tiek iekļauts kopējais iegūtais normalizētais punktu skaits, tādējādi, sarindojot AER veidus katrā no sektoriem pēc to lielākā attīstības potenciāla nākotnē. Papildus, Tabulā 2.38 tiek apkopots iegūtais normalizētais punktu skaits katram AER sektoru sadalījumā.



Att. 2.54. AER veidu attīstības potenciāla salīdzinājums starp sektoriem

Augstāko ilgtspējīgas attīstības potenciāla novērtējumu ir ieguvusi biomasas izmantošana lauksaimniecības un transporta sektoros. Abiem šiem sektoriem biomasas ieguvā maksimālo punktu skaitu, t.i. 1. Tātad gan lauksaimniecībā, gan transportā jau tiek novērota un nākotnē tiek paredzēta strauja attīstība enerģijas ieguvē no biomasas. Rūpniecības un mājsaimniecības sektoram biomasas izmantošanas potenciāls ieguvīs otru augstāko novērtēto potenciālu.

Augstu novērtējumu ir ieguvusi arī saules enerģija un tās izmantošanas potenciāls. Saules enerģija tiek izvirzīta kā visperspektīvākais no AER veidiem rūpniecības, pakalpojumu un mājsaimniecību sektoros. Savukārt, lauksaimniecības un transporta sektorā tā ierindojas kā otra perspektīvākā starp apskatītajiem AER.

Pēc vidējās vērtības lielumiem, saules enerģija ir ieguvusi augstāko novērtējumu, salīdzinot ar pārējiem AER veidiem, ar iegūto vidējo punktu skaitu 0,88. Tam seko biomasas ar vidējo lielumu 0,85. Kopumā gan saules enerģijai, gan biomasai tiek paredzēts augsts attīstības potenciāls katrā no apskatītajiem sektoriem, kas attiecīgi arī atspoguļojas ievērojami augstākos vidējās vērtības rezultātos.

Tabula 2.38

Apkopojums par AER iegūto normalizēto punktu skaitu katrā no sektoriem

	Saules enerģija	Vēja enerģija	Hidro-enerģija	Biomasas	Ģeotermālā enerģija
Rūpniecības sektors	0,83	0,67	0,67	0,77	0,73
Pakalpojumu sektors	0,90	0,60	0,60	0,70	0,80
Lauksaimniecības sektors	0,93	0,63	0,60	1,00	0,67
Mājsaimniecības sektors	0,83	0,73	0,73	0,77	0,73
Transporta sektors	0,90	0,83	0,67	1,00	0,00
Vidējās vērtības	0,88	0,69	0,65	0,85	0,59 (0,73*)

*Vidējā vērtība starp 4 sektoriem (neieskaitot transporta sektoru)

Zemākus vērtējumus ieguvīs vēja enerģijas, hidroenerģijas un ģeotermālās enerģijas izmantošanas potenciāls, kas salīdzinot ar saules enerģijas un biomasas straujajām attīstības tendencēm, attīstās lēnākos tempos. Izteikti augstāks ģeotermālās enerģijas izmantošanas potenciāls ir novērojams pakalpojumu sektorā, kur tas tiek novērtēts kā otrs perspektīvākais no AER veidiem uzreiz pēc saules enerģijas. Vēja enerģijas attīstības tendences transporta un mājsaimniecību sektoros ierindo to kā trešo perspektīvāko AER veidu katrā no minētajiem sektoriem.

Pēc iegūtajiem datiem var novērot, ka mājsaimniecības sektoram iegūtais normalizēto punktu skaits starp AER ir mazāk izklaidēts, salīdzinot ar citiem sektoriem, kuros izteiktāk dominē kāds no AER veidiem.

2.6.4. Secinājumi

1. Hidroenerģijai un vēja enerģijai ir visvairāk faktoru, kas ierobežo to izmantošanu. Izmantošanas īpatsvars lielā mērā atkarīgs no cilvēka faktora.
2. Saules enerģijai un biomasas lauksaimniecības atlikumiem ir vismazāk ierobežojošie faktori, kas limitē to izmantošanu.
3. Saules un vēja enerģijas iztrūkumus var kompensēt, izmantojot kombinētās sistēmas, saskaņā ar aprēķiniem pīķa slodžu noseģšanai ir piemērota biomasas un ģeotermālā enerģija.
4. Pēdējos gados saules kolektoru vai PV paneļu uzstādīšana atmaksājas mazāk nekā 10 gadu laikā.
5. Lauksaimniecības nozarē daudzsološākie enerģijas avoti ir biomasas, ja tiek izmantoti biomasas atlikumi, un saules enerģija ar lielu perspektīvu arī nākotnē.
6. Pakalpojumu nozarē perspektīvākais enerģijas avots ir ģeotermālā enerģija, kas tiek plaši izmantota atpūtas un tūrisma nozarē, un saules enerģija, ko izmanto elektroenerģijas, apkures un dzesēšanas procesos.
7. Rūpniecības nozarē daudzsološākā ir saules enerģija, izmantojot gan saules paneļus elektrībai, gan kolektorus apkurei.
8. Balstoties uz informāciju pa nozarēm var secināt, ka saules enerģija apvienojumā ar viedajām tehnoloģijām, viedajiem grafikiem ir perspektīvākais risinājums nākotnei AER tehnoloģiju izmantošanai.

PIELIKUMI

Aptaujas jautājumi ražošanas uzņēmumiem

Mani sauc Edgars Kudurs, un šobrīd esmu Rīgas Tehniskās universitātes students, kurš strādā pie sava darba ar tematu: "Atjaunojamo energoresursu izmantošanas veicināšana ražošanas uzņēmumos". Darba gaitā plānots veikt atjaunojamo enerģijas avotu tehnoloģiju novērtējumu, kā arī izstrādāt politikas ieteikumus, lai nodrošinātu atjaunojamās enerģijas plašāku izmantošanu ražošanas uzņēmumos. Lai iegūtu informāciju par atjaunojamās enerģijas pašreizējo stāvokli ražošanas uzņēmumos, lūdzu, aizpildiet aptauju. Aptaujas aizpildīšana prasīs ne vairāk kā 5 minūtes laika. Aptauja ir anonīma, un atbildes tiks analizētas tikai apkopotā veidā.

1) Vai jūsu uzņēmumā tiek izmantotas atjaunojamās enerģijas tehnoloģijas?

- Jā
- Nē

2) Lūdzu, precizējiet, kurš no atjaunojamiem enerģijas avotiem tiek izmantots? (Iespējamās vairākas atbildes)

- Biomasa (koksne, salmi, biogāze, biodeģviela)
- Ģeotermālā enerģija
- Hidroenerģija
- Atjaunojamā enerģija izmantojot atkritumus
- Saules enerģija (elektroenerģijas ieguvei)
- Saules enerģija (siltumenerģijas ieguvei)
- Plūdmaiņu enerģija
- Vēja enerģija

3) Kas, jūsuprāt, ierobežo atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanu? (Iespējamās vairākas atbildes)

- Esošie infrastruktūras ierobežojumi
- Tiesību aktu trūkumi
- Ilgs atmaksas periods
- Nav ticības tehnoloģijai
- Nav padziļinātas zināšanas par šiem resursiem
- Citas ieguldījumu prioritātes
- Cits (lūdzu, precizējiet)

4) Kas, jūsuprāt, atvieglotu atjaunojamo enerģijas avotu izmantošanu? (Iespējamās vairākas atbildes)

- Mērķis samazināt ietekmi uz vidi
- Labāka izpratne par tehnoloģiju
- Enerģētiskā neatkarība
- Naudas sodi un spiediens uz politiku
- Dotācija / subsīdija
- Likumdošanas pilnveidošana

- Tarifa paaugstināšana
- Iespēja pozicionēt sevi kā korporatīvi atbildīgu uzņēmumu
- Sabiedrības un klientu spiediens
- Nodokļu atlaides

5) Kurām trīs atjaunojamo enerģijas avotu tehnoloģijām, jūsu prāt, varētu būt vislielākais potenciāls jūsu uzņēmumā: biomasai (koksne, salmi, biogāze, biodegviela); ģeotermālai enerģijai; hidroenerģijai; bioloģiski noārdāmo atkritumu izmantošanai; saules enerģijai (elektroenerģijas ieguvei; saules enerģijai (siltumenerģijas ieguvei); plūdmaiņu enerģijai; vēja enerģijai? Lūdzu, norādiet, sākot ar tehnoloģiju, kurai jūs redzat vislielāko potenciālu:

- 1: _____
- 2: _____
- 3: _____

6) Kāds ir jūsu uzņēmuma aptuvenais mēneša elektroenerģijas patēriņš?

- Lūdzu norādiet _____ kwh/menesī
vai
_____ euro/month

- Nevaru precīzi atbildēt

7) Vai enerģijas patēriņš ir viena no trīs galvenajām izmaksu pozīcijām jūsu uzņēmumā?

- Jā
- Nē
- Nevaru precīzi atbildēt

8) Vai jūs interesētu šīs aptaujas rezultāti un uzzināt vairāk par atjaunojamo enerģijas avotu tehnoloģijām?

- Jā
- Nē

Jūsu atbilde ir saņemta.

Paldies, ka veltījāt laiku aptaujas aizpildīšanai!

Politikas ieteikumu prioritāšu noteikšana

Politikas rekomendācijas	Finan-sējums	Pasākumam būs ietekme uz galvenajām uzņēmumu norādītajām barjerām	Pasākums ir saskaņā ar stimuliem, ko uzņēmumi uzskata par nepieciešamiem	Laiks un efekts īstenojot pasākumu	Kopā	Prioritāte
Kolektīvā mārketinga platforma	1	3	2	2	8	VIDĒJA
Administratīvā sloga samazināšana	2	3	1	3	9	AUGSTA
Zinātnes finansēšana valsts un starpvalstu līmenī	1	0	3	2	6	VIDĒJA
Pāreja uz biomasas produktiem ar augstu pievienoto vērtību	0	0	0	1	1	ZEMA
Valsts institūciju darbība kā labās prakses piemērs	1	3	3	2	9	AUGSTA
Vietne, kas veltīta AER jautājumiem	1	3	3	2	9	AUGSTA
Apmācību kursi iesaistīto nozaru speciālistiem	1	3	3	3	10	AUGSTA
Apmācību kursi uzņēmumu energopārvaldniekiem un darbiniekiem	1	3	3	3	10	AUGSTA
Pensiju fonds "zaļās" enerģijas finansēšanai	2	3	0	1	6	VIDĒJA
Akcīzes nodokļu paaugstināšana	2	0	1	1	4	ZEMA
Nekustamā īpašuma un uzņēmumu ienākuma nodokļa atlaide	2	2	2	3	9	AUGSTA
Vides prasību pārskatīšana	2	3	1	2	8	VIDĒJA
Izmaiņas likumos, kas regulē atbalsta programmas	2	3	1	3	9	VIDĒJA
Izmaiņas energoaudītu procesā uzņēmumos	2	0	1	2	5	ZEMA
Neto norēķinu sistēmu lietotāju loka paplašināšana uzņēmējiem	2	3	1	3	9	AUGSTA